

Broj 1, Godina 1, 2024.

ČASOPIS

AKADEMSKI PRIVREDNIK

VISOKOŠKOLSKA USTANOVA UNIVERZITET „PRIVREDNA AKADEMIJA”
BRČKO DISTRIKT BIH

ISSN: 3029-3278



...Unapređenja
energetske efikasnosti
kroz primjenu obnovljivih
izvora energije...

Brčko, 2024.



AKADEMSKI PRIVREDNIK

Brčko, 2024. godine

**IZDAVAČ**

VISOKOŠKOLSKA USTANOVA UNIVERZITET "PRIVREDNA AKADEMIJA" BRČKO DISTRIKT BiH
Petra Kočića br. 6, Brčko distrikt BiH

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Prof. dr Željko Petrić, rektor Univerziteta

UREDNIK ČASOPISA

Dr Đorđe Vranješ, prorektor za NIR

UREDNIČKI ODBOR - REDAKCIJA

Prof. dr Dragan Škobalj (Mašinstvo; Republika Srbija)

Prof. dr Siniša Delčev (Geodezija, Geologija; Republika Srbija)

Prof. dr Željko Petrić (Saobraćaj; Bosna i Hercegovina)

Prof. dr Dragan Jevtić (Građevina i arhitektura; Bosna i Hercegovina)

Prof. dr Bogdan Mirković (Informacione tehnologije, Informatika; Bosna i Hercegovina)

Doc. dr Ernad Jabandžić (Elektrotehnika; Bosna i Hercegovina)

Doc. dr Miloš Crnomarković (Istorija, Filozofija; Bosna i Hercegovina)

Doc. dr Čedomir Stojanovic (Poljoprivreda; Bosna i Hercegovina)

Doc. dr Elvedin Šabanović (Ekologija, Biologija; Bosna i Hercegovina)

Doc. dr Aleksandar Tepavac (Šumarstvo; Bosna i Hercegovina)

Doc. dr Nenad Vasiljević (Matematika; Bosna i Hercegovina)

Doc. dr Velemir Zekić (Bezbjednost i zaštita; Bosna i Hercegovina)

Doc. dr Predrag Kuzmanović (Fizika; Republika Srbija)

SEKRETAR ČASOPISA

Doc. dr Velemir Zekić

LEKTURA, KOREKTURA I TEHNIČKA PRIPREMA

Doc. dr Đorđe Vranješ

TIRAŽ

50 komada



PREDGOVOR PRVOM IZDANJU

U cilju unapređenja nauke u funkciji privrede, Univerzitet Privredna akademija Brčko Distrikt je pokrenuo časopis "Akademski privrednik". U prvom izdanju časopisa sumirani su najznačajniji radovi iz segmenta unapređenja energetske efikasnosti kroz primenu obnovljivih izvora energije.

Intenzivan tehnološki razvoj, rast životnog standarda i porast broja ljudi na Zemlji zahtevaju sve veću potrošnju svih vidova energije, dok se na drugoj strani kao posledica javljaju negativni efekti na životnu sredinu. Imajući ovo u vidu, UN su definisale održiv razvoj u Milenijumskim ciljevima, a predsednici sedam najrazvijenijih država tzv. grupe G7, potpisali su deklaraciju u Briselu u kojoj su između ostalih istakli i sledeće ciljeve:

- smanjenje emisije gasova staklene bašte
- unapređenje energetske efikasnosti
- promovisanje primene čistih i održivih energetske tehnologija i nastavak ulaganja u istraživanja i inovacije

Posebno negativan uticaj na životnu sredinu imaju postrojenja za proizvodnju električne energije, imajući u vidu da kao pogonsko gorivo uglavnom koriste fosilna goriva. Zbog toga se u svetu i kod nas u narednom periodu očekuje povećanje primene obnovljivih izvora električne energije.

Globalna potrošnja energije u zadnjih pola veka je imala veoma rapidan porast i očekuje se kontinuitet porasta i u narednih pedeset godina. Međutim, mi očekujemo da vidimo značajne razlike između proših i narednih godina. Porast u proteklom periodu je bio stimulisan relativno jeftinim fosilnim gorivima i veličinom rasta industrijalizacije u Severnoj Americi, Evropi, Japanu, (dok potrošnja energije u ovim zemljama nastavlja da raste), a dodatni faktori prave sliku za narednih 50 godina kompleksnijom.

Ovi dodatni faktori uključuju veoma rapidni porast u korišćenju energije u Kini i Indiji (zemlje koje predstavljaju oko trećine svetske populacije). Očekivano iscrpljivanje izvora nafte nije takođe daleka budućnost i posledica ljudskih aktivnosti na globalne klimatske promene. Pozitivna je strana da tehnologija obnovljivih izvora energije (OIE), vetra, biogoriva, solarna toplota i fotonaponske ćelije (PV) konačno pokazuju zrelost i ultimativno obećavaju konkurentnu cenu.

Statistika Internacionalne Agencije za energiju (IEA), svetski pregled energije pokazuje da zahtevi za primarnom energijom u svetu rastu, (prosečan godišnji porast od 2% ukupnih zahteva za primarnom energijom u 2012. godini). Fosilna goriva učestvuju sa oko 80%, od koga čega se računa da nafta učestvuje sa 35,5%, ugalj 23% i prirodni gas 21%, respektivno. Računa se da je učešće biomase (11%) od kompletne primarne energije u svetu.

Biomasa se, u zemljama u razvoju tradicionalno koristi za kuvanje i grejanje, ali veoma neefikasno za ove primene.

Podaci o potrošnji energije u zadnjih 10 godina od strane British Petroleum (BP) pokazuju da je prosečan godišnji porast bio 2%. Pri tome, je važno naglasiti da je prosečni porast u svetu od 2001. do 2004. bio 3,7%, a u periodu od 2003 do 2004. godine 4,3%.

Veličina porasta je uglavnom uzrokovana rapidnim skokom u Azijskom Pacifiku, koji je prosečno iznosio 8,6% za period od 2001 do 2004. godine. Veoma upečatljiv je porast potrošnje primarne energije u Kini od 15% od 2003. do 2004.

Nepotvrđeni podaci pokazuju sličan neprekidan porast u Kini, koji prati porast i u Indiji. Očekuje se da će svetska potrošnja nastaviti da raste između 3 i 5% u narednih nekoliko godina, iako tako visoke stope rasta ne mogu biti nastavljene u dužem vremenskom periodu. Na bazi porasta od 2% godišnje (prosečne procene iz drugih izvora), zahtevi za energijom će biti dva puta veći do 2037. a tri puta do 2057. godine.

Sa tako visokim, očekivanim zahtevima za energijom, od sada u narednih 35 godina veoma je važno sagledati raspoloživu strategiju za potpuno obezbeđenje zahteva posebno za električnom energijom i transportom.

Prof. dr Željko Petrić
Prof. dr Dragan Škobalj



SADRŽAJ

Velemir Zekić, Saša Žigić ZAŠTITA OD POŽARA U TEHNOLOŠKOM PROCESU PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U FOTONAPANSKIM-SOLARNIM ELEKTRANAMA	5
Velemir Zekić, Cvijetin Živanović, Branka Bursać Vranješ, Saša Žigić BEZBJEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU PROCIJENE RIZIKA U TEHNOLOŠKOM PROCESU PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE	11
Miodrag Komarčević GEOSTRATEŠKI UTICAJ RATA U UKRAJINI NA ENERGETSKU BEZBEDNOST - SLUČAJ REPUBLIKE SRBIJE	17
Amer Hodžić UPOTREBA BICIKLA U RAZVOJU ODRŽIVOG SAOBRAĆAJA	29
Cvijetin Živanović, Besim Duraković, Borislav Bojić ”ZELENI“ FINANSIJSKI INSTRUMENTI U FUNKCIJI ODRŽIVOG RAZVOJA	45
Milomir Čodo, Ratomir Antonović BUDUĆNOST SOLARNE ENERGIJE NA ENERGETSKIM TRŽIŠTIMA	53
Nurdin Čehajić, Jasmin Fejzić, Velemir Zekić, Rifet Džinić PRAMETARSKA ANALIZA ORC ZA KORIŠTENJE OTPADNE TOPLOTE IZ GASNOG MOTORA BIOPLINSKOG KOGENERACIJSKOG POSTROJENJA	62
Ernad Jabandžić DISTRIBUIRANA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE	75
Predrag Kuzmanović, Jovana Knežević Radić NUCLEAR ENERGY IN SERBIA AS PART OF THE GREEN ENERGY TRANSITION: OVERVIEW OF POTENTIAL AND OPPORTUNITIES	84
Veselin Bunčić, Sonja Bunčić IMPLEMENTACIJA KONCEPTA 5E U SPORTU ZA ODRŽIVI RAZVOJ ENERGIJE U BOSNI I HERCEGOVINI PRI KORIŠĆU ZATVORENIH SPORTSKIH OBJEKATA	101
Jasmin Fejzić, Indira Buljubašić, Rifet Džinić ANALIZA SPECIFIČNE POTROŠNJE KOTLOVSKOG GORIVA U SVRHU POSTIZANJA ENERGETSKI EFIKASNIJEG PROCESA PROIZVODNJE PIVA	109
Dragan Škobalj, Velemir Zekić ANALIZA ZATVORENIH VLAŽNIH RASHLADNIH TORNJEVA I NJIHOVA PRIMENA U HLAĐENJU ZGRADA	116
Amir Softić ANALIZA UTICAJA FOTONAPONSKE ELEKTRANE NA KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE U ZAVISNOSTI OD MJESTA PRIKLJUČENJA NA MREŽU	131
Đorđe Vranješ, Branka Bursać Vranješ, Velemir Zekić BEZBEDNOST NA RADU KOD IZGRADNJE SOLARNIH ELEKTRANA U REPUBLICI SRBIJI	149



ZAŠTITA OD POŽARA U TEHNOLOŠKOM PROCESU PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U FOTONAPANSKIM-SOLARNIM ELEKTRANAMA

Dr Velemir Zekić

Univerzitet Privredna akademija Brčko distrikt, velemirz@gmail.com

Saša Žigić

Univerzitet Privredna akademija Brčko distrikt sasazigic1982@gmail.com

UDK: 620.92:621.383.51]:614.84

DOI: 10.7251/AKPR2401005Z

Sažetak: Fotonapnske solarne elektrane u poslednjih desetak godina ubrzano preuzimaju primat u proizvodnji električne energije. Kao obnovljivi izvor energije koji je ekološki prihvatljiv, finansijski vrlo isplativ, jednostavan za izgradnju, lak za rukovanje vrlo je perspektivan i brzo se širi na tržištu, zauzimajući leadersku poziciju u proizvodnji el.energije iz obnovljivih izvora energije. Istraživanja pokazuju da se solarne elektrane naj češće koriste kao elektrane manjih instalisanih snaga kao i dodatni ili pomoćni izvori energije u proizvodnim sistemima ili domaćinstvu. Solarne elektrane u praksi se grade postavljajući fotonapnske panele na pripremljenu konstrukciju-nosače koji se nalaze na zemlji(tlu)ili krovovima stanbenih, proizvodnih, poslovnih javnih i drugih objekata. Kroz ovaj rad upoznaćemo se sa tehnološkim procesom proizvodnje električne energije u fotonapnskim solarnim elektranama, osnovnim dijelovima, požarnim rizicima i zaštiti od požara u procesu proizvodnje električne energije. Cilj ovog rada je prepoznavanje požarnih rizika i definisanje zaštite od požara u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije u fotonapnskim solarnim elektranama i same bezbjednosti procesa proizvodnje, kao i objekata i okoline od nastanka požara.

Ključne riječi : rizik, požari, zaštita, energija, solarne elektrane

Abstract: Photovoltaic solar power plants have rapidly taken the lead in electricity production over the past decade. As a renewable energy source that is environmentally friendly, financially very profitable, simple to construct, and easy to operate, it is highly promising. It is quickly expanding in the market, taking a leading position in electricity production from renewable energy sources. Research shows that solar power plants are most commonly used as power plants with smaller installed capacities and additional or auxiliary energy sources in production systems or households. In practice, solar power plants are constructed by placing photovoltaic panels on prepared structures or supports that are located on the ground or the roofs of residential, production, business, public, and other buildings. Through this paper, we will become acquainted with the technological process of electricity production in photovoltaic solar power plants, their main components, fire risks, and fire protection in the electricity production process. This paper aims to identify fire risks and define fire protection in the technological process of electricity production in photovoltaic solar power plants, as well as the safety of the production process, buildings, and the environment from fire outbreaks.

Keywords: risk, fires, protection, energy, solar power plants



1. Uvod

Fotonaponske solarne elektrane kao obnovljivi izvor energije globalno postaju lider u proizvodnji električne energije kao najrasprostranjeniji vid proizvodnje. Prednost solarnih elektrana u odnosu na druge obnovljive izvore energije čini mogućnost proračuna proizvodnje, relativno laka i brza montaža istih te velika i raznovrsna ponuda na tržištu. U svijetu već duži niz godina je prisutna proizvodnja električne energije iz fotonaponskih solarnih elektrana, možemo primjetiti da je u posljednjih desetak godina ubrzan razvoj i primjena solarnih elektrana što za sopstvene potrebe tako i za dalju prodaju (trgovinu). Savezna Republika Njemačka je lider po broju instaliranih solarnih elektrana. Svjedoci smo da i u Bosni i Hercegovini iz dana u dan broj solarnih elektrana raste i da se tek očekuje ekspanzija gradnje. Svaka tehnologija i tehnološki proces stvaraju određene rizike po zdravlje ljudi, objekte ili životnu sredinu koja se nalazi u blizini. U ovom radu analiziraćemo požarne rizike u proizvodnji električne energije. Da bih mogli prepoznati ocijeniti i dati preventivne mjere zaštite od požara u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije u solarnim fotonaponskim elektranama moramo se upoznati sa cjelokupnim tehnološkim procesom koji čine oprema, tehnologija proizvodnje i rizici.

2. Fotonaponske solarne elektrane (sastavni dijelovi, podjele, tehnologija proizvodnje)

Fotonaponske solarne elektrane kao obnovljivi izvor energije koristi energiju sunca za proizvodnju električne energije. Osnovni dijelovi jedne fotonaponske solarne elektrane su:

- fotonaponski paneli,
- inverter (pretvarači)
- kablovski vodovi,
- moduli za usmjeravanje električne energije
- baterije u slučaju da se vrši akumulacija energije.

Najčešća podjela solarnih elektrana je na:

- mrežne
- distributivne.

Mrežne elektrane su elektrane koje proizvode električnu energiju koja se koristi u lokalnoj mreži jednog domaćinstva ili proizvodnog pogona tj. proizvodnog procesa čija se energija može čuvati akumulirati.

Distributivne elektrane su elektrane čija proizvedena električna energija ide direktno u distributivnu elektro energetska mrežu.

Najvažnij i osnovni dio solarnih elektrana su fotonaponski paneli koji se sastoje iz više fotonaponskih ćelija u kojima dolazi do pretvaranja sunčeve energije u električnu energiju. Ćelije su povezane u seriju ili paralelno. Serijski spojene foto ćelije daju mnogo više napona i u praksi su više zastupljene. Fotonaponske solarne ćelije izrađuju se iz više tehnologija a naj zastupljenije su:

1. monokristalne,
2. polikristalne,
3. amorfne.

Spajanjem više ćelija nastaju fotonaponski paneli. Snaga ili kako se još naziva kapacitet panela zavisi od tehnologije, materijala koji su korišteni u samoj izradi panela tj, fotonaponskih ćelija. Ćelije proizvode istosmjernu električnu energiju koja se putem invertora pretvara u izmjeničnu električnu energiju koja se dalje distribuira ka potrošaču ili elektro energetskoj mreži. Solarne elektrane u zavisnosti od potreba, veličine, zakonske regulative, urbanističko tehničkih planova naj češće se grade na zemlji i krovnim konstrukcijama objekata.



3. Požarni rizici

Solarne elektrane ili fotonaponski sistemi drugačiji su, ali ništa opasniji od ostalih do sada poznatih električnih instalacija. Ova je ideja istaknuta na radionici o zaštiti od požara koju su krajem januara 2013 godine organizirali Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE i TÜV Rheinland u Solar info centru u Freiburgu. Radionici je prisustvovalo 120 učesnika, uključujući proizvođače, istraživače, predstavnike vatrogasne službi i osiguravajuća društva. Složili su se da je najbolja zaštita od požara poštovanje postojećeg pravnog poretka – tehničkih propisa te kvalifikovani i precizni instalateri.

Istraživajući shodno dostupnim podacima do kojih se može doći možemo zaključiti da je Njemačka lider po broju i proizvodnji električne energije iz solarnih fotonaponskih sistema. Ako pogledamo statistiku za period 2011 - 2013 godina onda je 0,006 posto solarnih elektrana izazvalo veliki požar ili veliku štetu." Tada je u Njemačkoj bilo 1,3 miliona solarnih elektrana. U poslednjih 20 godina bilo je 350 požara u kojima su gorjele solarne elektrane. Od toga je u 120 slučajeva uzrok požara bila solarna elektrana. U 75 slučajeva nastala je velika materijalna šteta, a u 10 je cijela zgrada izgorjela do temelja. Stručnjaci su radili na ovom području od februara 2011 do januara 2013 godine. Najvažnija karakteristika solarnih elektrana je da proizvode istosmjernu struju koju nije lako isključiti jer sistem ne prestaje proizvoditi struju sve dok sunce (ili nešto drugo) obasjava solarne ćelije. Zaključujemo da usled požara nemožemo isključiti proizvodnju električne energije u solarnoj elektrani možemo samo isključiti dio sistema ako je projektovan da može parcijalno da se odvoji, i možemo isključiti tok električne energije ka mreži. Iz ovoga zaključujemo da u slučaju gašenja ili evakuacije ljudstava, opreme i procesa dodatne zaštite javlja se opasnost rizik od strujnog udara. Istraživanja su pokazala da kao i kod svake druge električne instalacije, moguće je gasiti požar vodom na udaljenosti od jednog do pet metara, ovisno o vrsti mlaza. Dosadašnjim istraživanjima pokazale su se netačne sve dosadašnje tvrdnje da se zgrada ne može ugaziti zbog postavljene i u funkciji solarne elektrane. Sva do sada poznata mjerenja na ovom području pokazala su vrlo male do nekritične lutajuće struje kroz mlaz za gašenje, koje su u granicama ispod 25 mA. Pri poštovanju preporučene udaljenosti gašenja sa udaljenosti od 5 m kod punog vodenog mlaza i 1 m kod raspršenog vodenog mlaza, nema opasnosti od strujnog udara za vatrogasce. Zaključujemo da možemo gasiti požare na solarnim elektranama vodenim mlazom poštujući propisana pravila gašenja, aparatima za gašenje požara tipa CO₂ takodje se mogu koristiti i specijalni pokrivači za gašenje požara.

Najčešći uzroci nastanka požara na solarnim elektranama su direktni udari groma, loš kvalitet odabrane opreme, loš kvalitet izvedenih radova, rad nestručnih kadrova, neodgovarajuće ili pogrešno održavanje opreme, izostanak periodičnih mjerenja i ispitivanja sistema. Svaka država u okviru zakonske regulative vezane za gradnju, projektovanje, prostorno planiranje, zakonom o zaštiti od požara, zakona o električnim instalacijama te normativima i standardima određuje mjere i radnje koje se preduzimaju kao preventivne mjere za zaštitu od požara u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije u solarnim elektranama. U većini zemalja podrazumjeva se pri projektovanju da glavni projekat sadrži elaborat o zaštiti od požara koji izrađuje sertifikovano pravno lice.

Zaštita solarne elektrane od direktnog udara groma

Solarne elektrane često su izložene raznim vremenskim utjecajima i opasnostima, uključujući i udare groma. U tom slučaju dolazi do pojave velikih električnih struja - čak i više od 200.000 A, koje mogu izazvati požar ili mehanička oštećenja elektrane i njezine potporne konstrukcije ili zgrade na kojoj je postavljena. Pri planiranju zaštite od groma potrebno je napraviti procjenu rizika prema IEC 62305 te ugraditi kvalitetan prihvatni, odvodni i uzemljivački sistem s elementima od odgovarajućih materijala, dovoljno udaljen od zapaljivih dijelova elektrane i zgrade. Tako u cjelosti svojim zaštićenim prostorom obuhvataju objekat i instaliranu solarnu elektranu.

Loš ili pogrešan odabir opreme vrlo je čest uzrok nastanka požara. Na tržištu je dostupan veliki broj distributera opreme koji su nedovoljno stručni za davanje savjeta pri odabiru opreme, gdje smo svjedoci da se na tržištu može naći veliki broj solarnih panela i dijelova nepoznatih proizvođača i onih



koji nisu prošli proces standardizacije i testiranja opreme. Vrlo je bitno da bi se ovaj rizik umanjio kupovati provjerenu opremu gdje proizvođač i prodavac daju garantni list, dokaz o porijeklu robe i dokaz o sigurnosti da se oprema može prodavati tj. pustiti u promet.

Montažu nabavljene opreme i puštanje u rad iste mora raditi stručni, kvalifikovani kadar. U praksi pokazalo se takodje kao i kod drugih električnih instalacija da je uzrok nastanka požara i kvara nestručna, pogrešna montaža i spajanje opreme. Najčešći uzroci su nedovoljno dobri (labavi) spojevi električnih kablova, konektora, nepostavljanje zaštitnih elemenata (prenaponske zaštitne sklopke, nedovoljna zaštita od prodora vlage (vode) u razvodne ormare i kutije.

Instalirana oprema u solarnoj elektrani mora se održavati u skladu sa uputstvima koje je proizvođač naveo kao redovna, vanredna i periodična.

Stručnjaci koji se bave ugradnjom, nadzorom pregledom i ispitivanjem opreme i samih solarnih elektrana na raznim skupovima i konferencijama tokom razmjene mišljenja donosili su zaključke da su tri najčešća uzroka nastanka kvarova koji mogu prouzrokovati nastanak požara:

1. Ulaz vode u DC izolacione okrove
2. Kablovski priključci ▪ Kada se ne slijede upute proizvođača, mogu da se prouzrokuje „vruće spojeve“ koji mogu da rastope plastiku i počnu goriti
3. Šteta na modulima zbog: ▪ mehaničkih oštećenja (mehanički udari predmeta, grada)

Pretpostavka je da je na više od 100 000 solarnih elektrana utvrđen jedan od tri gore navedena uzroka za nastanak kvara koji može izazvati požar.

Identifikujući rizike za nastanak požara u solarnim elektranama te definišući požarne rizike suočavamo se sa problemom širenja požara na elektranama koje se nalaze na krovovima ili fasadama objekata. Kad požar nastane usled oslobađanja velike količine toplotne energije vrlo često požar nastaje na donjim dijelovima panela koji su okrenuti ka krovu te pravac širenja požara ide u prostoru između krova i panela gdje dolazi do zapaljenja električnih kablova dijela krovne konstrukcije i dalje požar prodire u objekat ili dijelove objekta. Kada požar nastane nažalost nemožemo uticati na pravac širenja požara jer prostor između krovne konstrukcije i samih panela predstavlja fizičku barijeru da požar nemože da ide u visinu nego se širi u prostor između krova i panela. Da bih se smanjio ovaj rizik krovne konstrukcije na koje se postavljaju solarne elektrane izrađuju se od negorivih materijala ili materijala koji imaju veliku otpornost gorenja. Koriste se električni provodnici otporni na gorenje te se posebno vrši izoliranje ulaznih trasa u objekat.

4. Mjere zaštite od požara

Da bih se izgradila i stavila u funkciju jedna solarna elektrana potrebno je izraditi projekat te u skladu sa željenim projektom pribaviti dozvole i saglasnosti nadležnih institucija. Prilikom izrade projektne dokumentacije i davanja saglasnosti za gradnju i puštanje u rad posebno se izrađuje elaborat o zaštiti od požara koji je sastavni dio glavnog projekta.

Elaborat o zaštiti od požara shodno zakonskoj regulativi u Republici Srpskoj kao entitetu Bosne i Hercegovine je dio tehničke dokumentacije za građenje/legalizaciju objekata u smislu člana 101. stav 2. tačka ž) Zakon o uređenju prostora i građenju („Službeni glasnik Republike Srpske“, br. 40/2013, 106/2015 i 3/2016, i 84/2019), a njegova izrada se vrši na osnovu Zakon o zaštiti od požara („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj 94/19) i podzakonskih akata.

Elaborat/prilog zaštite od požara je jedan od osnovnih instrumenata prevencije zaštite od požara. Elaborat/prilog zaštite od požara sprovodi u praksu gradnje objekata sve zakonske obaveze o zaštiti od požara, a ujedno predstavlja kontrolu prilikom gradnje objekata. Izrađuje ga privredno društvo ili drugo pravno lice koje je upisano u odgovarajući registar za obavljanje djelatnosti izrade tehničke



dokumentacije, koje ima ovlaštenje Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srpske izradu Elaborat/prilog zaštite od požara i ima zaposlena lica sa licencom za izradu istog.

Elaborat/prilog sadrži:

- tehnički izveštaj (podatke o lokaciji, opis objekta, procjena opasnosti od požara, podjela na požarne sektore, izbor materijala za konstrukcije koje treba da bude otporne na požar, izbor materijala za enterijer za koji postoje posebni zahtjevi u pogledu otpornosti na požar, procjena opasnosti koja potiče od tehnološkog procesa i materija koje se koriste ili skladište, opisi instalacija u objektima, izbor mobilne opreme, evakuacione puteve za spašavanje lica i imovine)
- proračunske osnove (proračun požarnog opterećenja požarnih sektora, proračun kapaciteta evakuacionih puteva i potrebnog vremena evakuacije i dr.)
- grafičku dokumentaciju (situacioni plan sa ucrtanim susjednim objektima i saobraćajnicama, osnove svih nivoa i krova, uzdužne i poprečne presjeke sa ucrtanim požarnim sektorima, dispozicija tehnološke opreme i opreme koja pripada instalacijama za gašenje požara, šeme sistema za otkrivanje i dojavu požara, gasnu detekciju, gromobranske instalacije, razvođe mašinskih instalacija za automatsko gašenje požara, sistem odvođenja dima i toplote, sisteme za ventilaciju i dr.)
- i predmer i predračun opreme i sredstava za zaštitu od požara.

Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srpske daje saglasnost na elaborat zaštite od požara, dok saglasnost za prilog zaštite od požara izdaje nadležna policijska uprava MUP-a RS, u dijelu koji se odnosi na zaštitu od požara, za adaptaciju, rekonstrukciju, legalizaciju i za izgradnju objekat.

U svim zemljama evropske unije postoji isti ili sličan dokument koji definiše oblast zaštite od požara pri gradjenju i radu u solarnim elektranama.

5. Zaključak

Zaštita od požara u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije u fotonapanskim-solarnim elektranama kao naziv teme koju smo istraživali možemo da donesemo nekoliko zaključaka koje ćemo pokušati da definišemo na sledeći način.

Zaštita od požara u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije u fotonapanskim-solarnim elektranama kao zatvoreni sistem koji je potpuno automatizovan u zavisnosti mjesta montaže (krov, fasada ili zemlja-tlo) nenosi visok rizik od požara samo u koliko su primjenjene sve projektovane mjere, radnje, ugradjena oprema shodno projektnoj dokumentaciji, izvršen stručni nadzor, izvršena periodična mjerenja i dobijena dozvola za gradnju i rad od nadležne institucije, te ako se redovno i u skladu sa upustvima od strane proizvođača vrši redovno i periodično održavanje i pregled sistema od strane osposobljenih i stručnih kadrova možemo reći da su fotonaponske solarne elektrane bezbjedne u smislu zaštite od požara. Suprotno gore navedenom možemo konstatovati da u slučaju da solarna elektrana neposjeduje odobrenja za gradnju i rad, da je izgradjena bez stručnih pregleda i nalaza od strane nekvalifikovane radne snage i nalazi se na krovu ili fasadi objekta nosi veliki potencijalni rizik za nastanak požara koji može ugroziti objekat, osobe koje se nalaze u i oko objekta kao i vatrogasne jedinici pri gašenju požara.

Osoblje koje radi na projektovanju, izgradnji i održavanju fotonaponskih solarnih elektrana mora biti edukovano o samom tehnološkom procesu proizvodnje električne energije kako bi bilo upoznato sa svim požarnim rizicima nastanka i širenja požara koji se javljaju u tehnološkom procesu proizvodnje.



6. Literatura:

1. Zakon o uređenju prostora i građenju ("Službeni glasnik Republike Srpske", br. 40/2013, 106/2015 i 3/2016, i 84/2019),
2. Zakon o zaštiti od požara („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj 94/19) i podzakonskih akata.
3. Journal Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE i TÜV Rheinland in Solar
4. Zakon o zaštiti požara u Republici Srpskoj ("Sl. glasnik RS", br.94/2019)
5. Zakon o električnoj energiji u Republici Srpskoj ("Sl. glasnik RS", br. 68/2020)
6. Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona ("Sl. list SFRJ", br. 53/88 i 54/88 - ispr. i "Sl. list SRJ", br. 28/95)
7. Pravilnik o postupku i načinu provjere ispitivanja ispravnosti električnih instalacija I sredstava za rad ("Sl. glasnik RS", br. 15/2023)
8. Upustvo Solar centar <https://solar-centar.rs/>
9. Zakon o obnovljivim izvorima energije Republike Srpske ("Službeni glasnik Republike Srpske", br. 15/22 od 03.03.2022)
10. emt-solarno net upustvo <https://solarno.net/>

BEZBJEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU PROCIJENE RIZIKA U TEHNOLOŠKOM PROCESU PROIZVODNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

Dr Velemir Zekić

Univerzitet Privredna akademija Brčko distrikt, velemirz@gmail.com

Dr Cvijetin Živanović

Univerzitet Privredna akademija Brčko distrikt, prorektor.nastave@privrednaakademija.edu.ba

Branka Bursać Vranješ

Institut BIT d.o.o Novi Banovci bvbranka1987@gmail.com

Saša Žigić

Univerzitet Privredna akademija Brčko distrikt sasazigic1982@gmail.com

UDK: 620.92:621.311.243

DOI: 10.7251/AKPR2401011Z

Sažetak: Prateći savremene industrijske trendove i razvoj novih tehnologija u proizvodnji, svjedoci smo da savremene-popularne tehnologije donose i određene rizike u pogledu bezbjednosti i zdravlja na radu zaposlenih radnika. Jedan od osnovnih zahtjeva pri projektovanju tehnoloških procesa jeste: efikasnost, automatizacija i smanjenje broja zaposlenih radnika u procesu proizvodnje sa krajnjim ciljem bolje ekonomske efikasnosti. Početkom XXI vijeka počinje veća potrošnja električne energije te i razvijanje novih tehnologija proizvodnje iste. Proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije (sunce, vjetar, voda) smatra se ekološki najprihvatljivija i ekonomski isplativa pitanje je koliko je bezbjedna po direktno zaposlene radnike u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije. U ovom radu analiziraćemo i prikazaćemo tehnološke procese proizvodnje električne energije: iz „sunca“, solarne elektrane; iz „vjetra“, vjetroelektrane i „vode“, mini hidroelektrane. Cilj rada je procijeniti rizike koji se javljaju na radu (radnom mjestu) te definisati stepen rizika na radnim mjestima koja se pojavljuju u samom procesu proizvodnje i donjeti zaključak da li je proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije bezbjedna za radnike koji učestvuju u samom tehnološkom procesu proizvodnje.

Ključne riječi: bezbjednost, rizik, energija, proizvodnja, industrija

Abstract: Following contemporary industrial trends and the development of new production technologies, we witness that modern popular technologies also bring certain risks regarding the safety and health of employees. One of the primary requirements in designing technological processes is efficiency, automation, and the reduction of the number of employees in the production process, with the ultimate goal of better economic efficiency. At the beginning of the 21st century, there was an increase in electricity consumption and the development of new production technologies. Electricity generation from renewable energy sources (sun, wind, water) is considered the most environmentally friendly and economically viable, but the question remains how safe it is for employees directly involved in the technological process of electricity production. In this paper, we will analyze and present the technological processes of electricity production from “sun” (solar power plants), “wind” (wind farms), and “water” (mini hydroelectric power plants). The paper aims to assess the risks that arise in the workplace to define the level of risk at workplaces that emerge in the production process, and to conclude whether electricity production from renewable energy sources is safe for workers involved in the technological production process.

Keywords: safety, risk, energy, production, industry



1. Uvod

Svjedoci smo svakodnevnog razvoju industrije, razvoju novih tehnologija. Prateći industrijske trendove razvoja novih tehnologija u proizvodnji zaključak je da se nalazimo u četvrtoj tako zvanom 4.0 industrijskoj revoluciji. Prva industrijska revolucija nastala je pronalaskom parne mašine krajem XVIII vijeka. U periodu između 1870. i 1914. godine počela je druga industrijska revolucija. Ovu tehničku revoluciju, kako je mnogi nazivaju, obilježio je pronalazak električne energije, koja je zamijenila energiju pare i upotreba masovne proizvodnje. Osim toga, dolazi i do intenzivnog razvoja industrije i do učvršćivanja proizvodnje u fabrikama koje su raspolagale mehanizovanom opremom. Krajem 60-ih godina XX vijeka počela je treća, odnosno digitalna industrijska revolucija, koju je obilježio razvoj tehnologije, počevši od mehaničkih uređaja, pa do digitalne tehnologije koja i danas uživa veliku popularnost. Takođe, ovdje je prisutna i upotreba elektronskih i informaciono – komunikacijskih sistema. Četvrta industrijska revolucija 4.0 nastaje početkom XXI vijeka koja podrazumjeva uključjenje i primjenu novih tehnologija kao što su robotika, automatika, vještačka inteligencija 3D štampači i ostale savremene tehnologije koje imaju za cilj veću efikasnost, smanjenje radne snage, zdravije proizvodnje i zaštitu životne sredine. Bezbjednost i zdravlje na radu kao savremeni naziv za zaštitu na radu prati razvoj industrije i pokušava obezbjediti bezbjedne uslove rada, radna mjesta bez rizika i pronaći rešenja za smanjenje utvrđenih rizika na radnom mjestu u tehnološkom procesu proizvodnje. Analizirajući razvoj privrede možemo zaključiti da su dva ključna elementa u proizvodnji čovjek i el.energija. Potreba za električnom energijom razvijanjem industrije sve je veća, pretpostavlja se da većina zemalja za 15-20 godina neće moći primjenjivati nove tehnologije bazirane na vještačkoj inteligenciji jer neće imati dovoljne količine električne energije. Tehnološki proces proizvodnje električne energije takođe se razvija i modernizuje u skladu sa novim tehnologijama i potrebama tržišta, zalihama energenata koji se koriste u proizvodnji električne energije i posebnim osvrtnom na zaštitu životne sredine. Novi trendovi u proizvodnji električne energije kao ekološki prihvatljivi nazivaju se proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije (energenata). Poslednjih 10-ak godina velikom brzinom širi se trend proizvodnje električne energije gdje se koriste energenti: sunce, vjetar i voda, ti tehnološki procesi nazivaju se proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora. Zato što izvor-energent koji se koristi u proizvodnji (sunce, vjetar, voda) je obnovljiv energent i ne uništava se tokom samog tehnološkog procesa.

Tehnološki procesi proizvodnje električne energije u termoelektranama, nuklearnim elektranama, hidroelektranama smatraju se visoko rizični po bezbjednost i zdravlje zaposlenih radnika u direktnoj proizvodnji gdje je većina proizvodnih radnih mjesta procijenjena kao radna mjesta sa povećanim rizikom od povrijeđe, od kojih mnoga radna mjesta zahtjevaju posebne uslove rada pa čak i „beneficiran radni staž„. Bezbjednost i zdravlje na radu u danasnjem savremenom dobu podrazumjevaju niz radnji i mjera koje se provode u proizvodnim tehnološkim procesima sa krajnjim ciljem stvaranja bezbjednih i zdravih uslova radne sredine i bezbjednog radnog mjesta.

U ovom radu prikazaćemo tehnološke procese proizvodnje električne energije iz:

- „sunca,,solarne elektrane;
- „vjetra,, vjetroelektrane
- „vode,, mini hidro elektrane

2. Cilj rada

Cilj rada je procijeniti rizike koji se javljaju na radu (radnom mjestu i radnoj sredini) te definisati stepen rizika na radnim mjestima koja se pojavljuju u samom-direktnom procesu proizvodnje i donjeti zaključak da li je proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije bezbjedna za radnike koji učestvuju u samom tehnološkom procesu proizvodnje.



3. Tehnološki procesi proizvodnje električne energije i procijene rizika u tehnološkom procesu

3.1 Solarne elektrane su sistemi u kojima se proizvodi električna energija iz sunčeve energije. Jedna solarna elektrana se sastoji iz sledećih dijelova: solarnih panela, invertera, baterija, provodnika i automatike za usmjerenje i nadzor proizvodnje. U zavisnosti od namjene i zakonske regulative solarne elektrane se najčešće montiraju na zemlju ili na krovove kuća i industrijskih objekata. Postoji više vrsta i podjela kao što su po snazi, po namjeni, po vrsti i obliku panela, mjestu montaže ali princip proizvodnje električne energije je sličan ili isti. Kada posmatramo cjelokupan tehnološki proces proizvodnje električne energije jedne solarne elektrane definišemo sledeće radnje: montaža panela, povezivanje panela i invertera, povezivanje sa baterijskim stanicama ili električnom mrežom, puštanje u rad, nadzor proizvodnje i održavanje. U praksi sertifikovane firme vrše projektovanje, izradu potrebne dokumentacije, pribavljanje potrebnih saglasnosti i dozvola za rad istih te odabir i nabavku odgovarajuće opreme. Izvođenje potrebnih radova kao što su uređenje zemljišta, postavljanje električnih vodova, konstrukcija za panele i samih panela vrše firme koje posjeduju licence i odobrenja nadležnih institucija za ta vrste radova. Podrazumjeva se da su angažovani stručno kvalifikovani, osposobljeni i obučeni radnici za tu vrstu poslova. U ovoj fazi izgradnje nećemo analizirati pojedinačno rizike. Možemo zaključiti da se javljaju rizici koji mogu uticati na povrjede radnika kao što su rad na visini, prevoz i manipulacija sa teretom, mikro klimatski uslovi radne sredine, i drugi rizici. Kao što smo naveli u ovoj fazi obično u naj većem broju slučajeva preko 90% radove izvode stručne specijalizovane firme koje po završetku radova predaju solarnu elektranu vlasniku na dalje upravljanje i korištenje gdje u principu i počinje tehnološki-proizvodni proces proizvodnje električne energije. Iz predhodno navedenog donosimo zaključak da jednu solarnu elektranu čine solarni paneli, inverter napona, automatika: za praćenje proizvodnje, usmjeravanje el.energije i potrošnje, električni vodovi (kablovi) i električna mreža. Zaključujemo da je solarna elektrana zatvoreni, automatizovani sistem u kome je uloga čovjeka-radnika minimalna i odnosi se na: da prati rad, i održava sistem. Naziv radnog mjesta u solarnoj elektrani obično je operater ili rukovalac solaranom elektranom. Opis radnih aktivnosti je sledeći: prati rad sistema, vodi evidencije o radu i aktivnostima vezanih za sistem, vrši održavanje i pregled opreme periodično i u skladu sa upustvima proizvođača, vrši periodično čišćenje panela, vizuelni pregled kompletnog sistema, vrši održavanje prostora i zelenih površina u krugu elektrane. Analizirajući pojavu i prisustvo rizika za pomenute aktivnosti koje zaposleni obavlja u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije u solarnim elektranama možemo indentifikovati sledeće rizike: rad na visini u slučaju kada su paneli postavljeni na korov ili visoke platforme, udar el.energije, posjekotine, neravni podovi, oštre ivice, opasnost od el.napona, hemijske, biološke i fizičke štetnosti. Vršeci procijenu rizika jednom od opšte prihvatljivih metoda koja koristi sledeće elemente: vjerovatnoća nastanka povrjede, učestalost rada, težina eventualnih povreda te rezultat koji nastaje pri izračunu visine rizika možemo konstatovati da radno mjesto rukovalac ili operater solarne elektrane sa pomenutim opisom radnih aktivnosti je radno mjesto sa blagim-malim rizikom od povrjede te ne karakteriše se kao radno mjesto sa povećani rizikom od povrjede na radu.

3.2. Vjetroelektrane su sistemi koji koriste kinetičku energiju vjetra koju pretvaraju prvo u mehaničku a zatim pomoću generatora u električnu energiju, gdje se rotor turbine i rotor generatora nalaze na istoj osovini. Osnovni dijelovi vjetroelektrane su: vjetro turbina sa lopaticama i električnim generatorom, kućište, stub, temelj ili podnožje i električni vodovi. Vjetro elektrane se mogu djeliti po konstrukciji, snazi, mjestu izgradnje, visini i slično. U praksi su dosta manje zastupljene kao proizvođači el.energije od solarnih elektrana iz razloga specifičnosti i složenosti izgradnje istih. Projektovanje i izgradnju vjetroelektrana vrše usko specijalizovane firme koje posjeduju potrebnu mehanizaciju i osposobljene kvalifikovane radnike iz više oblasti rada. Radna mjesta koja se pojavljuju tokom gradnje jedne vjetro elektrane odnosno radnici koji obavljaju poslove gradnje izloženi su većim rizicima nego pri gradnji solarnih elektrane. Nećemo se baviti procijenom rizika pri samoj gradnji jer možemo konstatovati da su to radna mjesta montaže i izvođenja građevinskih radova radna mjesta sa povećanim rizikom od povrjede. Kada se izvrši izgradnja i da na upotrebu i dalje korištenje vjetro



elektrana zahtjeva radnika tj. radno mjesto koje se u praksi najčešće naziva radnik na održavanju ili servisni tehničar. Imajući u vidu da je sam tehnološki proces proizvodnje električne energije u vjetroelektrani potpuno automatizovan uloga radnika je minimalna. U većini vjetroelektrana preko 95% ugrađeni su sistemi za daljinsko očitavanje i praćenje rada te možemo zaključiti da je potreba za radnikom samo u slučaju kvara ili periodičnog pregleda. Opis poslova koje radnik na održavanju ili servisni tehničar obavljaju su: periodični pregledi sistema, održavanje i pregledi u skladu sa preporukama proizvođača opreme, popravka manjih kvarova na objektu ili oko objekta, održavanje objekta i kruga vjetroelektrane, vodjenje evidencija o radu sistema. Vršeci procijenu rizika jednom od opšte prihvatljivih metoda koja koristi sledeće elemente: vjerovatnoća nastanka povrjede, učestalost rada, težina eventualnih povreda te rezultat koji nastaje pri izračunu visine rizika možemo konstatovati da radno mjesto radnik na održavanju ili servisni tehničar sa pomenutim opisom radnih aktivnosti je radno mjesto sa blagim-malim rizikom od povrjede te ne karakteriše se kao radno mjesto sa povećanim rizikom od povrjede na radu. Imajući u vidu da su prepoznati rizici i opasnosti od udara el.energije, rad na visini, hemijske, biološke i fizičke štetnosti koje se javljaju tokom rada male, ako se poštuju sve propisane mjere zaštite rizici od povrede na radu su na vrlo niskom nivou.

3.3. Mini hidroelektrane

Male hidroelektrane su postrojenja u kojima se potencijalna energija vode najprije pretvara u kinetičku energiju njezinog strujanja (u statoru turbine), a potom u mehaničku energiju (u rotoru turbine) vrtnje vratila turbine te, konačno, u električnu energiju u generatoru. Svjetski energetski trend posljednjih godina je sve veći iskorak ka obnovljivim izvorima energije. Za male hidroelektrane se smatra da nemaju nikakav štetan utjecaj na životnu sredinu, za razliku od velikih čija se štetnost opisuje kroz velike promjene ekosistema (gradnja velikih brana). Naj češća podjela mini hidroelektrana je na protočne i akumulacione.

Osnovni dijelovi mini hidroelektrana su: vodni zahvat, brana, cjevovod za dovod vode, turbina, generator, transformator, odvodni cjevovod, električni vodovi i priključak na električnu mrežu.

Sam proces proizvodnje električne energije u mini hidroelektranama je automatizovan i zatvorenog tipa koji se u praksi odvija bez stalnog prisustva radnika. Projektovanje i izgradnju mini hidroelektrana vrše usko specijalizovane firme koje posjeduju potrebnu mehanizaciju i osposobljene kvalifikovane radnike iz više oblasti rada. Radna mjesta koja se pojavljuju tokom gradnje jedne mini hidroelektrane odnosno radnici koji obavljaju poslove gradnje izloženi su većim rizicima nego pri gradnji solarne elektrane a manjem riziku nego pri gradnji vjetroelektrana. Nećemo se baviti procijenom rizika pri samoj gradnji jer možemo konstatovati da su to radna mjesta montaže i izvođenja građevinskih radova radna mjesta sa povećanim rizikom od povrjede. Kada se izvrši izgradnja i da na upotrebu i dalje korištenje mini hidroelektrana zahtjeva radnika tj. radno mjesto koje se u praksi najčešće naziva radnik na održavanju, servisni tehničar ili rukovalac mini hidroelektranom. Imajući u vidu da je sam tehnološki proces proizvodnje električne energije u mini hidroelektranama potpuno automatizovan uloga radnika je minimalna. Opis poslova koje radnik na održavanju ili servisni tehničar obavljaju su: periodični pregledi sistema, održavanje i pregledi u skladu sa preporukama proizvođača opreme, popravka manjih kvarova na objektu ili oko objekta, održavanje objekta i kruga mini hidroelektrane, vodjenje evidencija o radu sistema. Vršeci procijenu rizika jednom od opšte prihvatljivih metoda koja koristi sledeće elemente: vjerovatnoća nastanka povrjede, učestalost rada, težina eventualnih povreda te rezultat koji nastaje pri izračunu visine rizika možemo konstatovati da radno mjesto radnik na održavanju ili servisni tehničar sa pomenutim opisom radnih aktivnosti je radno mjesto sa blagim-malim rizikom od povrjede te ne karakteriše se kao radno mjesto sa povećanim rizikom od povrjede na radu. Imajući u vidu da su prepoznati rizici i opasnosti od udara el.energije, rad na visini, rad u blizini vode, hemijske, biološke i fizičke štetnosti koje se javljaju tokom rada male, ako se poštuju sve propisane mjere zaštite rizici od povrede na radu su na vrlo niskom nivou.



3.4. Analiza tehnoloških procesa, analiza rizika kroz metodu „KNNY“, procijena rizika

Kroz analizu tehnološkog procesa proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije solarne elektrane, vjetroelektrane i mini hidroelektrane gdje smo se upoznali sa osnovnim dijelovima i tehnologijom proizvodnje električne energije možemo zaključiti da je uloga radnika vrlo mala i svodi se na praćenje rada, redovno i periodično održavanje sistema i objekata. Da su sistemi proizvodnje zatvorenog tipa i da su potpuno automatizovani.

Cilj rada je procijeniti rizike koji se javljaju na radu (radnom mjestu) te definisati stepen rizika na radnim mjestima koja se pojavljuju u samom procesu proizvodnje i donjeti zaključak da li je proizvodnja električne energije iz obnovljivih izvora energije bezbjedna za radnike koji učestvuju u samom tehnološkom procesu proizvodnje.

Za procijenu niva rizika na radu na radnim mjestima koja se nalaze u tehnološkim procesima proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije koristili smo opšte priznatu metodu za procijenu rizika „KINNY“, metodu koja zahtjeva analiziranje rizika kroz tri metode tj. faktora, „vjerovatnoća pojave opasnosti i štetnosti, „težina posledica koje zaposleni trpi usled pojave opasnosti i štetnosti, „učestalost pojavljivanja opasnosti i štetnosti,“. Na osnovu proizvoda ova tri faktora donosimo zaključak-ocijenu da li je i sa kolikim nivom rizika je radno mjesto i može li se ocijeniti kao radno mjesto sa povećanim rizikom od povrjede na radu.

Možemo zaključiti da je nivo rizika u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije u solarnim elektranama najniži i radna mjesta su bez povećanog rizika od povrjede na radu, rizici na radnim mjestima u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije u vjetroelektranama i mini hidroelektranama nešto su veći nego u solarnim elektranama, i ako je nivo rizika nešto veći nemože se dati ocijena da su ta radna mjesta sa povećanim rizikom od povrjede na radu.

3.5. Predložene preventivne mjere za smanjenje rizika u tehnološkim procesima

Utvrdjeni rizici se mog smanjiti i neutralisati sprovođenjem preventivnih mjera: osposobljavanjem radnika za bezbjedan i zdrav rad, osposobljavanjem radnika za rad sa novim sredstvima rada i tehnologijama rada, uz redovne periodične preglede opreme i sredstava za rad te korištenje ličnih i kolektivnih zaštitnih sredstava.

Jedna od posebnih i najvažnijih mjera za smanjenje rizika u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije u obnovljivim izvorima energije jeste „EDUKACIJA“, radnika za pravilan i bezbjedan rad imajući u vidu da su ovi tehnološki procesi novi na našim prostorima te da nemamo dovoljan broj iskusne i kvalifikovane radne snage.

4. Zaključak

Shodno svemu navedenom, kroz istraživanje, analizu i upoznavanje sa samim sistemima, tehnologijama koje se koriste, radnim obavezama radnika koji učestvuju u tehnološkom procesu proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije te definisanjem rizika koji se javljaju tokom rada zaključujemo da su radna mjesta bezbjedna, da nije prisutan visok stepen rizika na radnom mjestu te da uz definisanje i primjenu preventivnih mjera zaštite na radu, sa posebnim akcentom na edukaciju radnika radna mjesta nisu ocijenjena kao radna mjesta sa povećanim rizikom od povrjede na radu. Te konstatujemo da u radu u tehnološkim procesima proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije postoji nivo rizika po radnike koji je prihvatljiv i može se ocijeniti kao rad na radnom mjestu bez povećanog rizika od povrjede na radu.



5. Literatura

1. Dajana Drašković, Mirjana Štaka (2020). TEHNOLOGIJE ČETVRTE INDUSTRIJSKE REVOLUCIJE, Jahorina Business Forum 2020 / Jahorinski poslovni forum 2020
2. https://sh.wikipedia.org/wiki/Solarne_termalne_elektrane
3. <https://bs.wikipedia.org/wiki/Elektrana>
4. <https://www.energianaturalis.hr/o>
5. <https://www.solarne-elektrane.ba>
6. https://www.daibau.rs/clanak/224/fotonaponska_elektrana_sa_solarnim_celijama
7. <https://www.menea.hr>
8. <http://omk.mas.bg.ac.rs/>
9. Zakon o zaštiti na radu Republike Srpske ("Sl. glasnik RS", br. 1/2008 i 13/2010)
10. Pravilnik o procjeni rizika na radnom mjestu i u radnoj sredini ("Sl. glasnik RS", br. 66/2008)
11. OHS standardi i pokazatelji rizika na radnom mjestu www.pdfactory.com

GEOSTRATEŠKI UTICAJ RATA U UKRAJINI NA ENERGETSKU BEZBEDNOST - SLUČAJ REPUBLIKE SRBIJE

Dr Miodrag Komarčević

Fakultet organizacionih studija - EDUKA, Beograd, mile.komarcevic@gmail.com

UDK: 621.383.51(497.11):327(477)

DOI: 10.7251/AKPR2401017K

Sažetak: Iz perspektive aktuelne proliferacije različitih, često kontradiktornih ili zamagljenih tumačenja događaja u vezi rusko-ukrajinskog rata, koji je najpre započeo kao hibridni sa širokim opsegom mera i sredstva u tzv. sivoj zoni, a ubrzo nastavljen u klasičnoj konvencionalnoj varijanti, u radu se nastoje, najpre locirati, a zatim i obrazložiti ključne posledice po globalnu bezbednost, kao i neodrživost postojećeg unipolarnog poretka i neizbežne potrebe za uspostavljanjem potpuno novih odnosa i struktura moći.

Aktuelna ratna dešavanja u Ukrajini i u pojasu Gaze upućuju, kako to ističu vodeći geostrategi, na već započeto resetovanje i preformatiranje globalnih struktura sa više centara moći. Posledice rata u Ukrajini su brojne i dalekosežne. Značajne refleksije rata se ispoljavaju na energetske sektor, a naročito na uspostavljanje ili redizajniranje energetske bezbednosti u celini ili po segmentima, na pravce i dinamiku globalne energetske transformacije tj. energetske prelaze, mogućnost i realizaciju procesa dekarbonizacije i ostvarivanja energetske i klimatskih ciljeva prema akcionom planu EU (REpowerEU do 2030. i program FIT FOR55 EU), i energetske tranzicije u državama članicama, odnosno prelaska na "zero" emisiju štetnih gasova. Na kraju, u radu se razmatra proces dekarbonizacije u Republici Srbiji, a pre svega njegovi izazovi, dometi i aktuelni problemi.

Ključne reči: *energetska bezbednost, energetske prelaze, globalna transformacija, EU, klimatske promene*

Abstract: From the perspective of the current proliferation of different, often contradictory or blurred interpretations of events regarding the Russian-Ukrainian war, which first started as a hybrid with a wide range of measures and means in the so-called gray zone, and soon continued in the classic conventional variant, the paper tries to first locate and then explain the key consequences for global security, as well as the unsustainability of the existing unipolar order and the inevitable need to establish completely new relations and power structures.

The current war events in Ukraine and the Gaza Strip point, as the leading geostrategists point out, to the reset and reformatting of global structures with multiple centers of power that have already begun. The consequences of the war in Ukraine are numerous and far-reaching. Significant reflections of the war are manifested on the energy sector, and especially on the establishment or redesign of energy security as a whole or by segments, on the directions and dynamics of global energy transformation, i.e. energy transitions, the possibility and implementation of the decarbonization process and the achievement of energy and climate goals according to the EU action plan (REpowerEU until 2030 and the FIT FOR55 EU program), and energy transitions in the member states, that is, the transition to "zero" emission of harmful gases. Finally, the paper discusses the process of decarbonization in the Republic of Serbia, and above all its challenges, scope and current problems.

Keywords: *energy security, energy transitions, global transformation, EU, climate change*



Uvod

Ruska Specijalna vojna operacija u Ukrajini, pored neposrednih i vidljivih efekata otvorila je i na dnevni red gotovo svih strateških agendi stavila kao centralno pitanje ponovno redizajniranje i preslaganje međunarodnih odnosa, globalne politike i ekonomije, jednom rečju, pitanje daljeg opstanka postojećeg globalnog poretka zasnovanog na dominantnoj hegemoniji jedne supersile i njegovih satelita.

U akademskoj zajednici, kao i političkom diskursu i vojno-bezbednosnom narativu, od 2014. pa do danas vode se žestoke rasprave i oštra sučeljavanja o pozicioniranosti Rusije i Kine, i drugih regionalnih aktera u oblikovanju novog globalnog poretka. Stoga i ne čudi što su događaji i sukob u Ukrajini postali žarište globalnih procesa od 2022. do 2024. godine, tim pre, što se tokom navedene krize pojavljuju konture i obrisi arhitekture budućeg sveta.

Kada se raspravlja o tako važnim globalnim događajima, kao što je rat u Ukrajini, sukob između Izraela i Hamasa i Irana, kao i brojne napetosti u Indo-pacifičkom regionu zbog širenja kineskog uticaja, ima velikog opravdanja ove događaji stavljaju u širi kontekst. *De facto* šira kontekstualizacija omogućava da se utvrde uzroci, okolnosti, a zatim i konkretne strateške varijable ili vektori koji su direktno ili posredno generisali rast konfrontacije, natjecanja i zaoštavanja odnosa na globalnom i regionalnom nivou između uključenih aktera, a rezultanta su ukrajinski, palestinski i drugi sukobi sa tendencijom da preraste u globalni sukob sa nesagledivim posledica i prema, kako zapadnim, tako i istočnim stručnjacima, u katastrofu civilizacijskih razmera.

Nezavisno od prizme posmatranja, potpuno je izvesno da se savremeni svet nalazi na pragu ozbiljne rekonfiguracije globalnog ekonomskog sistema i politike. Prema mišljenju vodećih teoretičara međunarodnih odnosa, unipolarni poredak, nakon tri decenija postojanja na čelu sa SAD i *kolektivnim zapadom* pokazuje entropiju, eroziju i disfunkcionalnost svojih elemenata i mehanizama u novonastalom strateškom okruženju, koga karakteriše duboka neizvesnost, izuzetna kompleksnost, izražena dinamika i turbulentnost i na kraju nepredvidljivost.

Ni jedan od aktivnih učesnika savremene svetske politike (SAD, Rusija, Kina, EU i druge zemlje, npr. Briksa) i pored neosporne vojno-tehnološke, ekonomske i finansijske moći, nije obezbedio nadmoć, da bi bio sposoban da u potpunosti upravlja globalnim poslovima i na taj način utiče na globalna kretanja i prateće tokove. (Евстафьев Д.Г. 2018) SAD, nakon 30 godina apsolutne dominacije u vođenju globalizacije i globalne politike, imaju ogromne poteškoće i na unutrašnjem i na spoljnopoličkom planu sa održavanjem dostignutog globalnog uticaja, ne samo u okviru *kolektivnog zapada* već i na ključne konkurente i rivale u liku Kine i Rusije, što ukazuje na iscrpljenost mogućnosti korišćenja meke moći, kao alata za osiguranje američke *centričnosti* u svetu. S druge strane, Kina i Rusija, uprkos ogromnom ekonomskom i tehnološkom napretku, nisu još u stanju preuzeti ulogu asimetričnog pola i tako uspostaviti bipolarni sistem. Iz toga proizilazi da je osnovni sukob savremenog sistema međunarodnih odnosa *centriran* na pitanje: *U kojoj će meri započeta konfrontacija i natjecanje SAD sa Kinom i Rusijom i dalje ostati unutar sistemsko* i odvijati se u okviru modela sukoba *ne-nulte sume*, odnosno, hoće li SAD usled preterane i neodmerene imperijalne prenapregnutosti i opterećenosti, prepustiti inicijativu da druga dva globalna rivala osiguraju dodatni operativni prostor za globalno upravljanje, prvenstveno u svom neposrednom okruženju ili markoregiji. Međutim, militarizacija informacijskog prostora, kao i talas hibridizacije međunarodnih odnosa i politike omogućili su SAD i *kolektivnom zapadu* za globalnu preraspodelu moći i globalistički razvoj na viši nivo, koristeći informaciono-političke informacije, te širok opseg mera i aktivnosti iz arsenala hibridnog rata za usporavanje svoje opadajuće pozicija, dok istovremeno fokus prebacuju na ograničavanje daljeg uspona Rusije i Kine, njihovo obuzdavanje, ekonomsko i finansijsko iscrpljivanje, zastoj tehnološkog napretka i dr., dobijajući tako novu stratešku priliku za unutrašnju konsolidaciju i pregrupisanje snaga u novoj konstelaciji moći. Time se stvara novi prostor operativne slobode koji aktivno koriste novi centri moći za formiranje novih kontrolisanih prostora uticaja. Da bi to sprečile SAD, sa svojim satelitima u



ovoj fazi tzv. destruktivne globalizacije nastoje obuzdati te trendove i upravljati njima, a da pri tome zadrže što je duže moguće, ulogu glavnog regulatora i upravljača u međunarodnim odnosima uz istovremeno sprečavanje konkurenata da postanu deo jezgra globalizacijskih procesa. Istrajavajući na toj agendi, SAD, iako postupno gube sposobnost ograničavanja razvoja geoekonomske regionalizacije i političke policentričnosti, poslednjih godina, akcenat na geopolitičkom nastupu stavljaju na primenu koncepta globalnog nereda, koji prema njihovom glavnom političkom strategu, ne znači, samo prelaz na situacijsku prirodu pravila igre, nego i korišćenje tehnologija *kontrolisanog haosa*, a to sve podrazumeva usku koordinaciju informacijsko-manipulativnih i vojno-tehničkih sredstava i metoda u donjem delu spektra sukoba, odnosno u tzv. *sivoj zoni*. (Haass, Richard, 2017)

Gledano sa društvenog aspekta, u svetu kasne globalizacije, pored potrošača moraju postojati i ratnici, a to podrazumeva sasvim drugačije socio-ideološko i strateško okruženje. U realizaciji tog koncepta centri moći na zapadu, koristeći različite političke i manipulativne tehnike i strategije, uveliko rade na inspirisanju i jačanju radikalnih nacionalističkih osećanja i patriotskih preferencija u pojedinim državama ili regionima, ali u uslovima strateškog vremenskog pritiska i prisutnosti primenjenih strateških aktivnosti koji su poprimili otvoreni antiruski fokus. Eklatantan primer prisilnog podizanja takve ratničke države je Ukrajina, a krajnji rezultat, bar za sada, su ogromna razaranja pre svega infrastrukture, veliki broj izbeglica, kao i ogromni ljudski gubici. S tim u vezi, ideologizacija i militarizacija društvenih prostora ili ekonomskih regija, podstaknuti sa zapada pretvaraju se u poprište, bojno polje za vođenje *proxi* rata između NATO i Rusije, pri čemu su prirodni, energetski i drugi resursi ustvari ratni plen. Najkraće rečeno, u sadašnjoj fazi, fundamentalni aspekt svedimenzijskog natjecanja je sukob između pokušaja haotiziranja prostora i politike njegovog strukturiranja uz korišćenje svih raspoloživih sredstava, kako bi se protivničkoj strani, u ovom slučaju glavnom konkurentu, Rusiji naneo što teži poraz i na taj način je izbacili iz trke za globalni uticaj. Podvlačeći crtu ispod napred navedenog, potpuno je izvesno da se globalni svet ubrzano urušava na brojne makro-regije, sa dominantnim hegemonom na tom nivou, a međusobne konfrontacije odvijaju se u tzv. *sivoj zoni* koja produkuje stanje vojno-političke nestabilnosti, ona je derivat obnove novog globalnog poretka. Veoma lako se uočavaju dva istorijska vektora tog *novog sveta*: revizija rezultata Drugog svetskog rata i preispitivanje učinaka hladnog rata (Irkhin and Moskalenko, 2022).

Zaoštavanje odnosa između *kolektivnog zapada* i Rusije sa druge strane, nije samo borba za povećanje obima u podeli globalnog političkog i ekonomskog kolača, već je to, pre svega, borba za uticaj na proces formiranja arhitekture novog globalnog ekonomskog i političkog sistema. Ukratko, to je zauzimanje pozicija u novoj globalnoj institucionalnoj strukturi koja se već sada postepeno oblikuje. Takođe, to je borba i za uticaj u fazi formiranja aktuelnih *pravila igre* koje je, do sada SAD kao globalni igrač, kršio ili zaobilazio kada je god imao interes za tim. Iz tih razloga, kolektivni zapad od početka 2000-ih godina pa do početka rata, nije dopuštao Rusiji da ima samostalnu ulogu u procesu razvoja novih pravila igre, sprečavajući Moskvu da se pridruži alternativnim opcijama. Time je zapad u velikoj meri uspevao da načelno isključi uticaj Rusije na globalne procese, dovodeći je u zamku konfrontacije i u fazu stalnih provokacija u cilju njene privremene izolacije. Međutim, Ruska Federacija već od 2014. nakon aneksije Krima, pa do početka Specijalne operacije 2022. godine počinje polako da zauzima čvršći stav u odnosu na zapad, kroz jačanje svojih oružanih snaga i tehnološku modernizaciju, kao i ekonomsku stabilizaciju, čime su stvorene pretpostavke za stratešku promenu konstelacije moći i snaga u svetu.

Rastuće i diverzifikovane napetosti u Rusko-zapadnim odnosima nisu samo rezultat sukobljenih ideologija i strategija, kao i borbe za globalni primat, već odražavaju novonastalu ravnotežu ili debalans u međunarodnim odnosima. Izrazito neprijateljski ili konfrontacijski položaj Rusije u odnosu na zapad i nespremnost da prihvati Rusiju kao ravnopravnog partnera ili kao globalnog igrača predstavlja značajan vektor koji može promeniti strateški kontekst globalnog natjecanja. No, sve izraženija uloga Rusije u nedavnim globalnim ekonomskim i političkim događajima onemogućavaju situaciju da se sa bilo koje strane, a posebno zapadne, prekorače granice *igre ne-nultnog zbira*.



Geopolitičke posledice rata u Ukrajini

Svaki veći oružani sukob, a posebno na evropskom prostoru gde je vladao mir skoro osam decenija, pa tako i Ukrajinsko-Ruski rat ima svoje duboke uzroke, a time i neposredne posledice. Jedan od retkih članova akademske zajednice i ujedno utemeljivač *realne škole* u izučavanju međunarodnih odnosa, Džon Marshajmer je već 2014. godine, neposredno nakon državnog udara i nasilne smene vlasti u Kijevu, i instalisanja prozapadne vlade sa nacističkim i neofašističkim obeležjima, ukazao da je Zapad u suštini najveći krivac za izbijanje nasilja u istočnom delu Ukrajine, a kasnije i učešće Rusije u zaštiti proruskog stanovništva u Donbasu. Uprkos tim upozorenjima, zvaničnici zapadnih zemalja, preko orkestiranih mediskih kanala i instrumentalizovanih međunarodnih organizacija, započeli su do tada, neviđenu medijsku kampanju i širenje dezinformacija da je Rusija isključivi krivac za izbijanje krize u Ukrajini, čija pozadina leži u *imperijalnim ambicijama Moskve* za ponovno uspostavljanje kontrole i uređenja postsovjetskog prostora i bližeg okruženja. I drugi zapadni stratezi, geopolitičari i obaveštajni analitičari (Mišel Kosudovski, Peter Koining i dr.) imaju isti ili sličan stav da zapad snosi najveću odgovornost za aktuelnu krizu, tim pre, što je Rusija praktično od 2008. godine upozoravala da neće dopustiti da NATO izbije na granice Rusije i tako konačno finalizuje davno planiranu strategiju *Anakondina petlja*, koja podrazumeva opkoljavanje i stezanje obruča oko Rusije sa svih strana. (Engdahl, F. William, 2022) Prema analizama ovih autora, zapad je napravio tri ključne greške, prvo, širenje NATO na istok do samih granica sa Rusijom, pri čemu nije uvažavao strateške i nacionalne interese ruske države, drugo, pokušaj uvlačenja Ukrajine u Evropsku uniju, posebno kroz pokušaj prijema u NATO, i treće, *izvoz demokratije* u zemlje u kojima je decenijama vladao autokratski režim. Sve je to isprovociralo Rusiju i ugrozilo njene interese što je navelo Moskvu i njen politički vrh da podvuku crvene linije preko kojih se nije moglo odstupati. Kada se zapad ni tu nije zaustavio, već je produžio dalje posticanjem ukrajinskog režima da upotrebom sile *reši pitanje pobunjenih republika* sa proruskim stanovništvom, i dopuštajući zapadnim zemljama i njihovim multinacionalnim kompanijama da instaliraju 8 prema zapadnim i 29 prema ruskim izvorima, biolaboratorija, što je bio prelomni trenutak da Moskva krene u borbu za zaštitu svojih nacionalnih interesa i sunarodnika koji žive na prostoru istočne Ukrajine.

Nakon toga, NATO nije odustao od svojih prvobitnih namera, već je krenuo u akciju pružanja logističke, obaveštajne, komunikacijske, političke i direktno vojne pomoći ukrajinskoj vladi i tako praktično započne posredniki, tj. *proxī* rat sa Rusijom.

Novija, suptilnija razlaganja pokazuju da aktuelni sukob Rusije i Ukrajine nije samo uticao na međunarodni sistem, globalni poredak i geopolitiku, nego je imao i duboke posledice na reorganizaciju političkih blokova i drugačije organiziranje savezništva. Razlozi leže u tome što sukob nadilazi političko nasilje i upotrebu vojne sile u regionalnim okvirima i obuhvata složenu međugru i borbu u četvorouglu između Rusije, SAD, EU i Kine. Drugim rečima, dok se SAD nastoje konsolidovati, prilagoditi i reorganizovati svoj sistem globalnih saveznika kroz *proxī* rat u sukobu između Rusije i Ukrajine sa jasnim namerama da taj sukob pretvori u posebnu platformu za popravak i održavanje posustale američke hegemonije, drugi akteri vide ovaj sukob kao stratešku priliku za preuzimanje inicijative i osiguranje što većeg učešća u globalnom upravljanju, a Evropa je, po svemu sudeći koleteralna šteta, čije su posledice dalekosežne i teško merljive u budućnosti. (Zhongmin and Meng, 2023)

Iako su uzroci aktuelnog sukoba u Ukrajini veoma brojni, viševektorski i međusobno izukršteni, po prirodi stvari i posledive su takođe multidimenzionalne, praktično rasute po različitim područjima i poljima što značajno otežava njihovu specifikaciju, a još više mogućnost kvantifikacije. Polazeći od značaja i relevantnosti i težini geopolitičke posledice ogledaju se kroz sledeće manifestacije:

- Obrisi uspostavljanja novog globalnog poretka i promena globalne konstelacije snaga i moći,
- Preformatiranje interesnih sfera, zona uticaja i savezništava,
- Prebacivanje fokusa sa geopolitike na geoekonomiju tj. na globalnu i regionalnu ekonomiju i regulatorne i samoregulacijske mehanizme,



- Širenje opsega, dinamike i intenziteta sredstava i metoda iz arsenala hibridnog ratovanja u tzv. sivoj zoni,
- Globalna energetska kriza,

Strategijski eho navedenog rata, izazvao je militarizaciju pojedinih prostora, pa čak i regija, povećanje izdvajanja za odbranu i vojsku, čime su pogođene ne samo države članice NATO već npr. zemlje zapadnog Balkana koje se ubrzano naoružavaju, čime dodatno opterećuju ionako prenapregnute budžete, a naknadna preusmeravanja idu na redukciju sredstava koja su planirana za druge namere- obrazovanje, zdravstvo i slično.

Pojedini zapadni etablirani think-thank-ovi i specijalizovane organizacije koje se bave pitanjima geopolitike i bezbednosti, navode sedam, a neki i više načina, na koje je Rusko-Ukrajinski rat promenio svet. Tako npr. stručnjaci Chatham House, kao nezavisni politički i forum sa sedištem u Londonu, navode sledeće promene:

- Prestrojavanje ili promenu saveza
- Bezbednost - ponovno crtanje linija u EU i NATO
- Nuklearno oružje - ponovno oživljavanje i politizacija
- Energija i hrana - inteziviranje kriza
- Rast migracijskih tokova - napuštanje građana Ukrajine i Rusije
- Dimenzionisanje i razvoj nove Ukrajine
- Deformalizacija međunarodnog prava. (Chathamhouse, 2023)

Noviji istraživački uvidi jasno označavaju osnovne konture, koordinate, fizionomiju i konfiguraciju buduće geopolitike, posebno one koja se odnosi na Rusiju i njeno bliže okruženje. Verovatno najsveobuhvatniju i ujedno najdublju analizu geopolitike vezano za Ukrajinu slikovito je opisao, američki politički geograf Gerard Toal, pružajući čitaocima mogućnost da trenutni sukob sagledaju kroz različite geopolitičke optike. Posebna vrednost njegovih produbljenih analiza ogleda se u tome što sa aspekta primenjene geopolitike autor, sasvim otvoreno razotkriva umorne i uveliko zasićene zapadne pristupe i paradigme, koji suviše pojednostavljaju (a to generiše pogrešne zaključke i odluke) izuzetno složenu konstelaciju vektora koji utiču na Rusku intervenciju u bivšim Sovjetskim državama. Zapravo, on ilustrativno elaborira kako su i Zapad i Rusija primenili sofisticirane i efikasne, diskurzivne, narativne i retoričke strategije da uokvire uzroke i posledive sukoba u istočnoj Evropi, Kavkazu i Centralnoj Aziji, ali svaki u okviru svojih nacionalnih interesa i spoljnopolitičkih prioriteta. (Gerard Toal, 2017)

Naravno, time nije ni približno zaokružen pregled mogućih posledica jer će se one pojavljivati sukcesivno, pojedinačno ili na mahove, kako to ističu vojni planeri i stratezi, politički analitičari i načnici iz akademske zajednice, budući da će ovaj događaj zasigurno ostati još dugo u fokusu vojno-političkih agendi i svakako pratećih istraživačkih opservacija i geopolitičkih rasprava i sučeljavanja.

Uticaj rata na energetska bezbednost i tranziciju energetskih sistema

Kao što je naglašeno u prethodnim poglavljima, rat u Ukrajini ima široku paletu uticaja na brojne druge procese, pojave, kretanja, a posebno u domenu ekonomije i energetike. Naime, rat je prema zvaničnim pokazateljima iza kojih stoje eminentne, referentne i etablirane međunarodne ili regionalne agencije (Međunarodna agencija za energetiku, IEA; Evropska agencija za razvoj obnovljivih izvora, IRINA; Evropska agencija za statistiku, EUROSTAT i dr.) drastično promenio geopolitiku energije, energetska poredak i uopšte promenio konfiguraciju energetskog pejzaža. Kao krajnji rezultat svih tih dešavanja nastupilo je ubrzanje energetske krize koje je od 2022. godine poprimilo globalne razmere. Energetska kriza koja još uvek traje bez jasnih vremenskih naznaka kada bi mogla prestati, pored iznenadne nestašice, pre svega, fosilnih goriva u vidu uglja, nafte i prirodnog plina, izazvala je i deficit i drugih kritičnih sirovina i materijala, što je dovelo do ozbiljnih zastoja u proizvodnji i radu ključnih

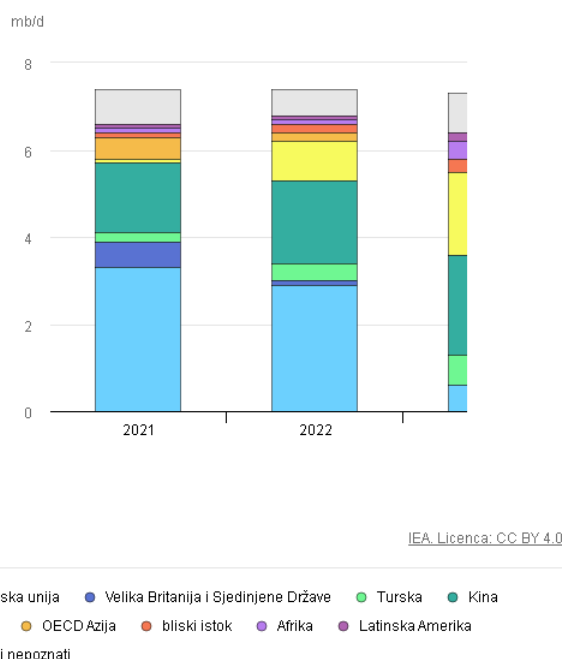


industrijskih sektora, kao što su auto i elektronska industrija i mnogih drugih sofisticiranih tehnologija, a krajnji ishod je smanjenje ili potpuni prestanak proizvodnje, rast inflacije (u Evropi inflacija je stigla do blizu 10%), povećanje cena proizvoda i usluga, a time i pad profita i BDP, rast nezaposlenosti i dr. Na taj način se *zelena agenda* i politika obnovljivih izvora, a time i energetska bezbednost iznenada našla na raskršću između: s jedne strane spoljni šokovi i udari imali su svoje razorne učinke, a sa druge strane kriza je pokazala značaj međuzavisnosti od uvoza i nepostojanja alternativnih planova i rezervnih varijanti, prvenstveno u smislu diverzifikacije uvoza i transportnih koridora. U celini gledano, od početka rata radikalno se promenila i geopolitika energije. Ranije započeta transformacija energetskog sistema i poretka, u uslovima izbijanja ratnih sukoba u prvi plan je istakla značaj obnovljivih izvora energije, ali i dalje - nezavisno od toga koliko je to u suprotnosti sa zelenom agendom, i na njoj zasnovanih operativnih planova - kao i sve naglašenije potrebe, a time i okolnosti da se bar za određeno vreme svet, Evropa ili pojedine države, ne mogu tako lako odreći fosilnih goriva jer nemaju racionalnu zamenu ili alternativu.

Ratna zbivanja su značajno usporila, zbog prekida lanaca snabdevanja, uvoz ključnih energenata kroz ustaljene maršute i aranžmane. Međutim, sa početkom eskalacije sukoba u Ukrajini, istovremeno se odvija i proces političke prirode, a to je da EU, odnosno njene članice, pod pritiskom SAD prekidaju dosadašnje tokove uvoze energenata iz Rusije i uvode čitavu seriju sankcija protiv Rusije i njenih kompanija, uključujući tu i zabranu uvoza njihove nafte i plina, a da prethodno nisu, pored neznatnih rezervi, imali osiguranu nabavku od alternativnih snabevača. U nedavno objavljenoj studiji (2022), podaci pokazuju da je početkom te godine većina članica EU, a posebno u vodećim zemljama kao što je Nemačka, nije prepoznala i dobro procenila da će se ubrzo suočiti sa energetskom krizom, tim pre što su iz političkih razloga i bez ekonomske računice drastično smanjili uvoz jeftinih Ruskih energenata kroz nekoliko energetskih koridora, koji su i dalje prolazili kroz teritoriju Ukrajine, kao i preko Baltika. (Blondeel and Bradshaw, 2022)

Neposredne posledice rata na energetski sektor ogledaju se kroz:

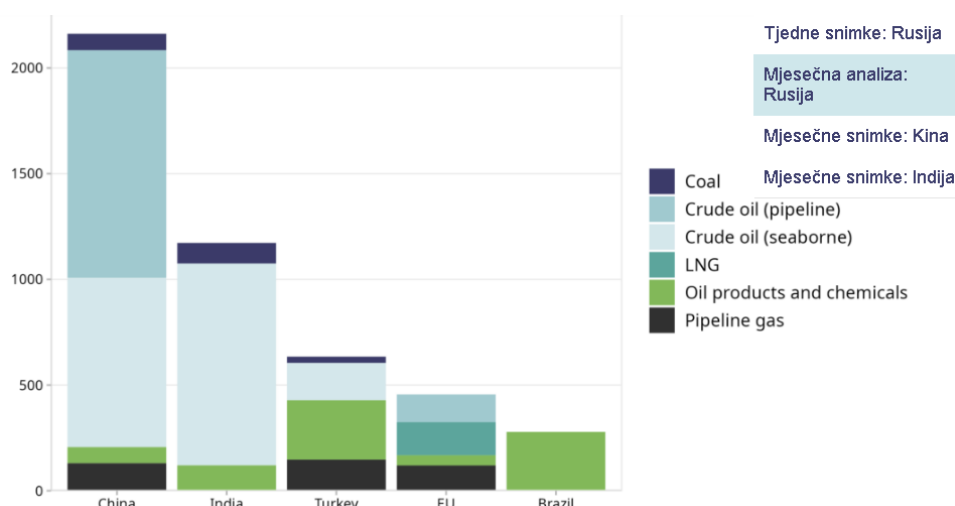
- Razorne uticaje i efekti na životnu sredinu, degradaciju ekosistema i usporavanje ciljeva održivog razvoja,
- Uticaj na klimatske promene,
- Usporavanje energetske tranzicije,
- Ograničavanje razvoja „zelene“ ekonomije
- Generisanje tzv. konvergentnih, evoluirajućih, viševektorskih i multirizika i hazarda,
- Poremećaj ravnoteže u energetskej trilemi: energetska bezbednost – dostupnost – ekološka održivost,
- Nagli skok cena derivata,
- Rast emisija CO₂ zbog reaktiviranja ranije konzerviranih termoelektrana (TE)
- Povratak uglju i nuklearnoj energiji
- Rast uvoza rude urana,
- Poremećaj na energetskom tržištu,
- Povećanje potražnje za novim tehnologijama OIE (obnovljivi izvori energije)
- Pojava i širenje špekulativnih aktivnosti u vezi izbegavanja nametnutih sankcija na uvoz sirove nafte i gasa kao i derivata iz Rusije,
- Preusmeravanje izvoza energenata iz Rusije u Kinu, Indiju, Brazil, Indonezija, Tursku i dr. po diskontnim cenama.



Slika 1 Izvoz nafte po zemlji i regiji, 2021–2023.
 Izvor: <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-january-2024>

Nakon početka Specijalne operacije u Ukrajini i zavođenja sveobuhvatnih ekonomsko-finansijskih i carinskih sankcija EU (i SAD) prema Rusiji, države članice morale su samostalno i u hodu da rešavaju pitanje diversifikacije snabdevanja engergeskih potreba i efikasnom zamenom Ruskog prirodnog plina sa daliko skupljim uvoznim tečnim plinom (LNG). Međutim, zamena jednog velikog uvoznika sa drugim i prelazak sa potpuno novim snabdevačem, nije ni malo jednostavan ni jeftin postupak.

Prema podacima Centra za istraživanje energije i čistog vazduha - Finska, izvoz ruskih energenata u razdoblju od 01.do 10. marta 2024. godine beleži blagi rast. U tom kratkom intervalu Rusija je izvezla 5,82 milijarde evra fosilnih goriva, od čega 3,26 mlrd evra nafte, 1,54 mlrd evra naftnih proizvoda. Najveći uvoznici ruskih energenata su Kina, Indija, Turska i Brazil.

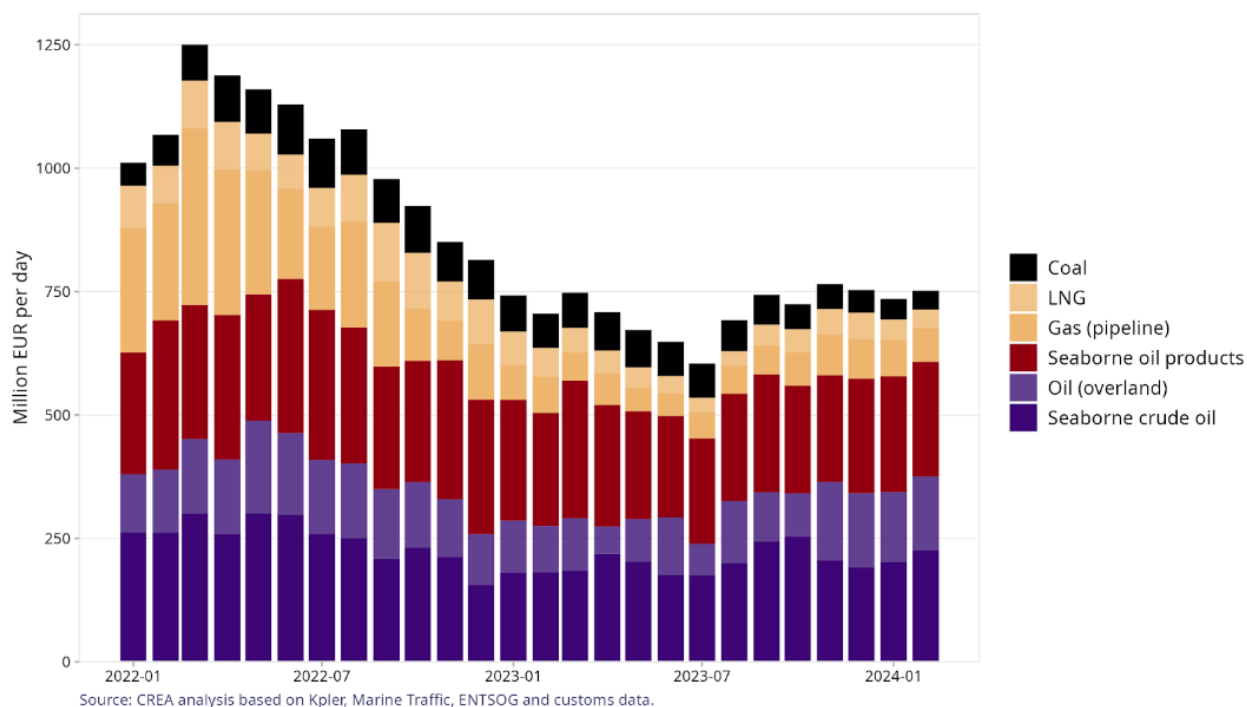


Slika 2 Prosečan ruski izvoz nafte po zemlji i regiji, 2021–2023.

Izvor: pripremio Isaac Levi, voditelj tima za politiku i energetsku analizu Europe i Rusije, CREA; i Panda Rushwood, Data Scientist, CREA. <https://www.https://energyandcleanair.org/weekly-snapshot-russian-fossil-fuels-4-to-10-march-2024/>



Dok je udeo Ruskog plinovoda u snabdevanju iznosio preko 40%, on je u 2023. godini iznosio 8%. Pad uvoza iz Rusije kompenziran je na dva načina: prvi, povećanim uvozom LNG iz SAD, Norveške i UK i drugi, kroz ukupno smanjenje potrošnje plina u EU. Dodatni dobavljači plina u EU bile su severnoafričke zemlje i Katar. Tokom 2023. godine SAD su bile najveći dobavljač za EU za gotovo 50% od ukupnog uvoza, a najveći uvoznici tog plina su bile Francuska, Španija, Belgija i Nizozemska.



Slika 3 Prihodi od izvoza ruskih fosilnih goriva

Izvor: <https://energyandcleanair.org/february-2024-monthly-analysis-of-russian-fossil-fuel-exports-and-sanctions/>

Prema mesečnim analizama CREA u prva tri meseca 2024. godine Ruski prihodi porasli su 2%, dok su prihodi od pomorske sirove nafte porasli 12%, ali njihov obim izvoza zabeležio pad od 3% u odnosu na prethodni mesec. Inače, povećani prihodi od izvoza nafte rezultat su povećanja cene a ne povećanja obima izvoza. Izvoz energenata u Kinu i Indiju takođe beleži pad, 3, odnosno 7%.

Na pad prihoda od energenata u Ruski budžet, pored sankcija i zabrane uvoza iz Rusije, doprinelo je i uvođenje restriktivnih mera kao što su ograničenje cena derivata ruskog porekla, što je ukupno smanjilo prihod od 46 mlrd eura.

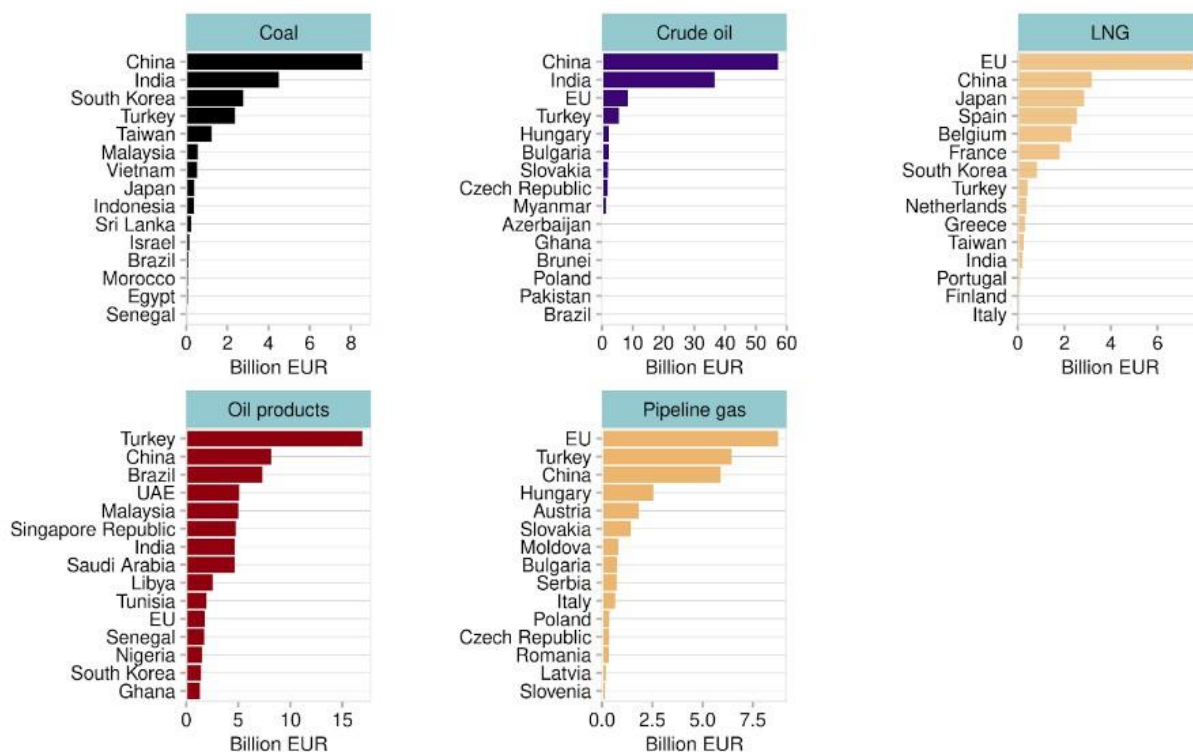
Što se tiče uvoznika ruskih derivata, oni su nepromenjeni, samo su promenjeni u redosledu vrste energenata. Najviše uglja uvozi Kina 38%, Indija 20% i Južna Koreja 13%. Sirovu naftu Kina uvozi obimu od 49%, a slede Indija sa 30% i Turska sa 5%. EU je najveći kupac LNG iz Rusije 49%, Kina 21% i Indija 19%, jer za ovaj energent nisu uvedene sankcije EU.

Međutim, u pogledu naftnih derivata situacija je potpuno drugačija, Turska je najveći kupac 25%, Kina sa 12%, Brazil sa 11%, itd. Iz plinovoda najviše odlazi u EU 41%, a zatim Kina 29% i Turska 26%.

U novonastaloj situaciji, što pokazuju empirijski podaci, značajno je smanjena zavisnost od ruske nafte i plina, ali istovremeno je postala zavisna od uvoza LNG od Norveške i SAD, po daleko većim cenama. Dodatni trošak za EU predstavljaće izgradnja potpuno nove NLG infrastrukture. Prema nezvaničnim procenama stručnjaka EU biće potrebno oko 1.000 mlrd evra da izgradi nedostajuću, a neophodnu gasnu infrastrukturu.



Shipments arriving since EU oil bans until end of January 2024



Source: CREA analysis based on Kpler, Marine Traffic, ENTSOG and customs data.

Slika 4 Kupci ruskih fosilnih goriva

Izvor: <https://energyandcleanair.org/february-2024-monthly-analysis-of-russian-fossil-fuel-exports-and-sanctions/>

Za protekle dve godine u Rusiji zabeležen je pad ukupnih prihoda od izvoza fosilnih goriva od 29% što je ukupno 104 mlrd evra. I pored 13 valova uvedenih sankcija EU, Rusija se i dalje pojavljuje kao veliki izvoznik fosilnih goriva, bilo da pronalazi nove zemlje uvoznice ili izvozi tako što Moskva pronalazi razne pravne rupe, npr. rafinerijske rupe, koje vode direktnom zaobilaženju uvedenih sankcija. Iako postoji zabrana uvoza Ruske sirove nafte i gasa, zapadne zemlje sa ograničenom cenom i dalje mogu legalno uvoziti naftne proizvode iz trećih zemalja, napravljenih od Ruske sirove nafte. Samo tokom 2023. godine povećan je po tom osnovu uvoz od 44% u odnosu na prethodnu godinu. Među uvoznicima je i SAD koje su u toku 2023. godine uvezle 2,60 mlrd naftnih derivata što ga čini najvećim uvoznikom, dok je 2,60 mlrd potrošeno u rafinerijama u EU, a pre svega u Nizozemskoj, Francuskoj i Italiji.

Na globalnom planu najveći uvoznik naftnih proizvoda od Ruske nafte bile su Indija, Turska i Bugarska. Po obimu prerade, najveća je Indijska rafinerija Vadinar, a sledi Bugarska rafinerija Naftočim Burgas. Detaljniji uvid u rad i vlasničku strukturu ovih kompanija, najpre Vadinara, pokazuje da je Ruska energetska kompanija Rosneft sa udelom 49% u ovoj rafineriji, dok je rafinerija u Bugarskoj zapravo vlasništvo Lukoila, takođe Ruske naftne kompanije. Treći način zaobilaženja sankcija je pretovar sa broda na brod u međunarodnim vodama. Ovaj način prevoza Ruske nafte, posebno za zemlje EU porastao je tokom prve godine rata za 150%, a u drugoj godini pao je za 27% zbog uvođenja 11-og paketa sankcija koji decidno zabranjuje pristup lukama ili plovilima EU, ako prethodno ne obaveste i ne dobiju uvozne dozvole od nadležnih tela. Pored Ruskih brodova i tankera, prevoz se ostvaruje i brodovima iz Grčke, Malte, Kipra, Italije, Španije i dr.

U sklopu preispitavanja globalne geopolitike i potrebe njenog redefinisavanja, centralno mesto zauzimaju naponi oko pitanja oblikovanja i formalizovanja nove energetske bezbednosti, naročito zbog ogromnih rizika, neizvesnosti u prekidu lanaca snabdevanja, odnosno malih transportnih kapaciti-



teta. Stoga je suočavanje sa asertivnim, neprijateljskim ili nepouzdanim dobavljačima, posebno u kriznim ili ratnim uslovima, iziskuje pronalaženje novih rešenja kako bi se zadovoljili kriterijumi energetske bezbednosti. Dosadašnja formula u ratnim uslovima se iz osnova menja.

Ključni vektori koji oblikuju novi koncept energetske bezbednosti su:

- Vitalni minerali
- BIG DATA
- Pravda i pravednost
- Promena kapitala
- Otpornost u lancima snabdevanja
- Kibernetička bezbednost

Naučene lekcije iz Ukrajinskog rata jasno upućuju na tri osnovna zaključka. Prvi, da i pored svih napora i postignutih rezulta u zameni fosilna goriva s manje štetnim, obnovljivim izvorima, u ratnim uslovima i dalje će biti veliki pritisak, a to znači potražnja, za korišćenjem fosilnih goriva, pre svega zbog izuzetne ranjivosti energetske infrastrukture poput vetroelektrana, solarnih panela i drugih. Drugo, ne postoje bar u dogledno vreme, dovoljno obnovljivih izvora energije i usled male otpornosti prenosne i distributivne mreže. Treće, neophodnost uvođenja diverzifikacije izvora energija kako bi se izbegli iznenadni šokovi i poremećaji u proizvodnji i snabdevanju, s jedne i osigurala energetska bezbednost i pristupačnost, s druge strane.

Stanje i tendencije energetske tranzicije u Srbiji

Prema zvaničnim izvorima, energetska tranzicija, i uopšte dekarbonizacija se nalazi na samom početku na teritoriji Srbije. Trenutno, resorno ministarstvo sa drugim nadležnim državnim organima radi na izradi strateških dokumenata, unapređenju regulative, reformisanju državnih energetskih kompanija i diverzifikaciji izvora snabdevanja energijom. To predstavlja polaznu osnovu za izradu integrisanog energetskog i klimatskog plana, usvajanje liste prioriternih projekata u energetici, čime će biti zaokružena nova energetska politika koja treba da zaokruži veću energetska nezavisnost i dekarbonizaciju energetskog sektora do 2050. godine.

Energetski sektor u celini, posebno sektor električne energije, uveliko se suočava sa brojnim krizama i sa velikom zavisnošću od fosilnih goriva, tako da je praktično neefikasan i opterećen različitim interesima. Srbija je dalje zavisna od Ruskih energenata, dok je Kina postala vodeći investitor u Srbiji - izgradnja novih termoblokova u Kostolcu.

Kada je reč o energetske tranziciji u Srbiji, prelazak na obnovljive izvore energije ide suviše sporo, a ceo proces je direktno povezan sa njenim vanjskim odnosima, daleko više nego što je to slučaj sa drugim zemljama zapadnog Balkana. Najveći problem zelene tranzicije u Srbiji jeste preterana, u nekim segmentima i predimenzionirana zavisnost o domaćem uglju i prisustvu različitih interesa u proizvodnji električne energije. Energetske kompanije u Ruskom vlasništvu, a pre svega Gazprom-neft-NIS, prvenstveno su zainteresovane za razvoj postrojenja za eksploataciju i preradu nafte i održavanje monopola u snabdevanju plinom, što je u krajnjoj liniji uticalo da plin ne zauzme veći udeo u energetske miksu zemlje i tako istisne uglj.

Najava najveće domaće i državne elektroenergetske kompanije u Srbiji (EPS) da sopstvenim sredstvima kreće u izgradnju nekoliko vetroelektrana i solarnih elektrana i da u tu svrhu planira izdvojiti 15 mlrd evra i sve veću zainteresovanost stranih investitora i kompanija za ulaganje u zelenu energiju, predstavlja značajan iskorak i akcelerator ka odmaku od fosilnih goriva i postepen prelazak na obnovljive izvore, sa izrazito naglašenim ekološkim otiskom. Država, budući da nema mogućnosti za izgradnju većih energetskih projekata, treba samo da obezbedi povoljne uslove za dalji razvoj zelene tranzicije a to uključuje izradu novog regulatornog okvira, jasno definisanje investicionih procedura,



kao i obaveza, kako domaćih tako i stranih kompanija, vodeći računa da strani faktor ne bude većinski vlasnik budućih infrastrukturnih energetske projekata.

Zaključak

Tokom poslednje dve decenije, ni jedan ratni sukob nije prouzrokovao toliko geopolitičkih tektonskih promena, posledica, izazova i rizika kao što je to slučaj sa Ukrajinsko-Ruskim ratom. Taj sukob je, nema sumnje, promenio ne samo geopolitički, već i energetske globalni pejzaž, stvarajući istovremeno ogroman destruktivni potencijal da preraste u širi globalni konvencionalni rat, sa tendencijom dapređe u nuklearni rat.

Usled tih zbivanja i dalekosežnih posledica, ponovo se iscrtavaju geopolitičke karte, na delu je rekonfiguracija makro i regionalnih ekonomskih prostora, sa kompletno prirodnom, logističkom, energetske i resursnom osnovom. Ostvarivanje energetske tranzicije je takođe dovedeno u pitanje zbog očitog nedostatka energenata, posebno u domenu električne energije, što je dovelo do reaktiviranja ugašenih i konzerviranih termoelektrana na uglj i reaktiviranja pogašenih nuklearnih elektrana. Povratak uglju i nuklearnoj energiji direktno anulira dostignute rezultate u razvoju obnovljivih izvora energije i vraća zelenu agendu i njene planove i programe nekoliko koraka unazad. U takvom ambijentu i naglašenim uslovljenim pravcima preispituje se dosadašnji format energetske bezbednosti, a posebno njena platforma, strukturni elementi i povezanost, umreženost i izukrštanost ključnih vektora njenog razvoja sapitanjm njene održivosti. Drugim rečima, neophodna je nova konceptualizacija energetske bezbednosti, prilagođena aktuelnim turbulencijama i promenljivom strateškom okruženju koga karakteriše visoka složenost, povećana dinamika, promenljivost i na kraju nepredvidljivost.

Za razliku od brojnih država jugoistočne Evrope, odnosno zapadnog Balkana, Srbija se nalazi u početnoj fazi energetske tranzicije i u početnoj fazi dekarbonizacije, ne sam energetske već i saobraćajnog, poljoprivrednog i industrijskog sektora. Upravo iz tih razloga, Srbija se trenutno suočava i nalazi se na raskršću jedino dva moguća puta: prvi, razvoj tzv. plinskog mosta u čijem središta se nalazi zamena uglja sa prirodnim plinom kao međukorak u prelazu na obnovljive izvore energije. Drugi put je daleko teži, složeniji i skuplji, a to je direktno preći na obnovljive izvore energije i u potpunosti odbaciti fosilna goriva. Međuti, koliko god ova druga opcija izgledala privlačno, bar sa ekološkog aspekta, zahteva velika ulaganja i izgradnju velikih energetske infrastrukturnih objekata za koje jednostavno Srbija, kao i druge zemlje u okruženju nemaju finansijsku snagu, a sa druge strane izgradnja takvih objekata, zbog svojih kolosalnih razmera, traje od sedam-petnaest, a neki čak i do 20 godina, što otvara pitanje kako preživeti i nadoknaditi, kompenzovati nedostatak energije u tom vremenskom periodu.

Literatura

1. Евстафьев Д.Г. (2018), Глобальные трансформации и Россия: источники конфронтации и перспективы глобального взаимодействия. *Международная аналитика*, 2018;(4):33-46. <https://doi.org/10.46272/2587-8476-2018-0-4-33-46>
2. Haass, Richard, (2017) *A world in disarray: American foreign policy and the crisis of the old order*. Penguin Press, New York
3. Irkhin and Moskalenko (2022) *The Global Crisis and the USA Search for New Identity Trump's attempt of transirion from globalism to isolatioism*. Sevastopol State University, Institute of Social Science and Foreign Relations, Sevastopol. *Journal of Globalization Studies*, Vol. 13 No. 2, November 2022:20–31



4. Engdahl, F. William (2022), *Ukraine and the Deeper Global Suicide Agenda*, 9. March 2022, www.williamengdahl.com
5. Zhongmin Liu and Meng Shucorrespondin (2023), *The Russia-Ukraine conflict and the changing geopolitical landscape in the Middle East*, *China Int Strategy Rev.* 2023 Jun 4:1-14. [https://doi: 10.1007/s42533-023-00134-5](https://doi.org/10.1007/s42533-023-00134-5)
6. Chathamhouse (2023), *Sedam načina na koji rat u Ukrajini promenio svet*, <https://www.chathamhouse.org/2023/02/seven-ways-russias-war-ukraine-has-changed-world>
7. Gerard Toal (2017), *Near Abroad: Putin, the West and the Contest Over Ukraine and the Caucasus*, *The AAG Review of Books* 6(4) 2018:293-305. <https://doi.org/10.1080/2325548X.2018.1508200>.
8. Mathieu Blondeel and Michael Bradshaw, *International oil companies, decarbonisation and transition risks*, in Roland Dannreuther and Wojciech Ostrowski, eds., *Handbook on Oil and International Relations* (Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2022):372-392.



UPOTREBA BIKIKLA U RAZVOJU ODRŽIVOG SAOBRAĆAJA

THE USE OF BICYCLES IN THE DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE TRANSPORT

Dr Amer Hodžić,

doktor nauka iz oblasti tjelesnog odgoja i sporta.

Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikta BiH,
Pedagoški fakultet; e-mail: amerhodzicsa@gmail.com.

UDK: 796.61:[620.92:621.311.243

DOI: 10.7251/AKPR2401029H

Sažetak: Ukoliko bi trebali kratko opisati trendove unutar današnjeg društva, u smislu kretanja populacije stanovništva u našoj zemlji a i šire, mnogo šire, možemo jednostavno opisati te trendove na sljedeći način: stanovnici ruralnih područja kreću se ka urbanim područjima, kao mjestu stanovanja ili rada, gradovima koji već sada imaju problem sa kapacitetima infrastrukture u pogledu preopterećenosti. Stanovnici u urbanih i ruralnih područja koriste automobile dominantno da zadovolje potrebe unutar dnevnih obaveza, profesionalnih aktivnosti i razonode, gdje se u jednom automobilu prosjek putnika kreće od jednog do dva. Putevi i ceste u ruralnim područjima, a poglavito u urbanim područjima i zonama, svakodnevno su preopterećeni jednako kao što su preopterećena i predviđena parking mjesta. Dodamo li tome brojeve koji prate saobraćaj namijenjen za transport dobara, isporuku usluga, uz servise javnog i privatnog transportnog sektora, uz sve što savremeni saobraćaj u svojim pojavnostima u odnosu na prirodno okruženje nosi - zagađenje zraka i buka - dolazimo do situacije koju možemo formulirati vrlo slikovito: gušimo se kao individue i društvo u cjelini, a teško nalazimo izlaz iz ove situacije. Uprkos navedenom, i dalje prekomjerno koristimo automobile na kratkim razdaljinama, što za rezultat ima da populacija svih dobnih skupina sa zdravstvenog aspekta pati od dijabetesa, prekomjerne tjelesne težine, rastućih trendova povišenog krvnog pritiska i bolesti povezanih sa listom navedenih. Sve nabrojano posljedično nas prisiljava da učinimo nešto više za nas i društvenu zajednicu, kako bi što brže otvorili efikasne puteve i načine za promjenu koju hitno trebamo. Vrlo jednostavan prvi korak koji treba napraviti, ponaosob i kao društvo, jeste da putem edukacije i konkretnih koraka u pravcu održivog vida transporta, koji postupno i sigurno može umanjiti sve negativne pojave savremenih oblika prijevoza i sve što on sa sobom nosi.

Ključne riječi: ekologija, bicikl, edukacija, transport i ekonomija.

Abstract: If we were to briefly describe the trends within today's society in terms of population movements in our country and beyond, much more broadly, we can simply describe these trends in the following way: residents of rural areas are moving towards urban areas, as a place of residence or work, which they already have a problem with infrastructure capacity in terms of overloading. Residents of both urban and rural areas use cars dominantly to meet the needs of daily duties, professional activities, and leisure, where the average number of passengers driving in the 1st car is 1–2 passengers. Roads and roads in rural areas, and especially in urban areas and zones, are overloaded as well as the associated parking spaces daily. If we add to that the numbers that follow the traffic intended for the transport of goods, the delivery of services, in addition to the services of the public and private sector of transport, with everything that modern traffic brings in its manifestations in relation to the natural environment, air pollution and loud noise, we arrive at a situation that we can formulate very picturesque. We are suffocating as individuals and society, and



we are having a hard time finding a way out of this situation. Despite the above, we continue to use cars excessively, on short distances, which again results in the population of all age groups, from the health aspect, suffering from an increase in diabetes, the appearance of overweight, obesity, the appearance of growing trends of elevated blood pressure in the population of all age groups and diseases linked to the list of the above. All in all, as a result, it forces us to do something more for ourselves and the social community, to open efficient ways and means for the change that we urgently need as quickly as possible. A very simple first step to take, individually and as a society, is the path of education and concrete steps in the direction of a sustainable form of transport that can gradually and surely reduce all the negative phenomena of modern forms of transport and everything that it brings with it.

Keywords: ecology, bicycle, education, transport, and economy.

1. Uvod

Bicikl kao prijevozno sredstvo, biciklizam kao sport, biciklizam i velika takmičenja, biciklizam, u kočačnici, kao dio sportskog turizma i turizma općenito, započeli su svoj zajednički put izumom Karla Freiherra von Drais, koji je 1817. godine napravio prvi bicikl od drveta. Bicikl od tog trenutka postepeno postaje sredstvo transporta, sredstvo sporta, sredstvo na kojem su izgrađene infrastrukture najgledanijih i najatraktivnijih takmičenja koje plijene pažnju milionske publike.

Šest decenija od izuma bicikla, tačnije 1878. godine, tehničke izmjene na tadašnjim biciklima dovode do pojave prvih sportskih takmičenja u biciklizmu te posljedično do osnivanja prvih klubova u Engleskoj. Jedan od njih je bio „Bicycle Touring Club - B.T.C“, koji postoji i danas pod nazivom „The Cyclists Touring Club“, i predstavlja najstariji biciklistički klub i najstariju nacionalnu sportsko-turističku organizaciju na svijetu. „C.T.C. „Cyclists’ Touring Club“ osnovan je 1878. godine u Harrogateu. Bicikl od tada postaje efikasno i najekonomičnije prijevozno sredstvo, postaje centar biciklističkog sporta, sredstvo privlačenja gostiju na turističke destinacije, rekvizit za sportsko-fizički trening i zabavan način rekreacije. Bicikl i biciklizam je, u mnogim kontekstima i primjerima, iznimno učinkovit, jeftin, brz, pouzdan način prijevoza. Zahtijeva malo prostora ili ulaganja u smislu same nabavke i održavanja (Möller, Haigh, Hayek i Veerman, 2020). Bicikl na globalnoj razini otvara mogućnosti za najekonomičniji i najbolji održivi oblik prijevoza pogotovu u kombinaciji sa drugim ekološki prihvatljivim sredstvima transporta. Konkretno, bicikl kao prijevozno sredstvo poboljšava psihofizičko zdravlje svih osoba koje ga koriste te time uživaju u blagodati zdravijeg životnog stila kojeg istovremeno i promoviraju.

Po nekim procjenama, već je više od 2 milijarde bicikla u upotrebi širom svijeta. Do 2050. godine, taj broj bi mogao da dostigne i pet milijardi. Preko 50 posto ljudske populacije zna kako se vozi bicikl. U Kini, 37,2 % stanovnika koristi bicikl. Procentualni iznosi upotrebe bicikla kao transportnog sredstva u svijetu su veliki - u Japanu 57 %, Finskoj 60%, Belgiji i Švajcarskoj 48% stanovnika svakodnevno koristi bicikl kao prijevozno sredstvo. Biciklisti u smislu zadovoljenja potreba za prijevozom ne utječu na odluke vezane za cijenu nafte na svjetskom tržištu. U igri formiranja cijene nafte, zakonitostima ponude i potražnje, biciklisti aktivno smanjuju potrebe za potražnjom nafte. Istodobno bicikla ne zagađuju atmosferu niti zauzimaju ogromne površine u vrijeme kada nisu u upotrebi.

U Evropi, 655.000 ljudi direktno je zaposleno u biciklističkoj proizvodnji, uslugama, sportskom turizmu i ostalim aspektima industrije i ekonomije uopće. Broj uposlenika koji generira proizvodnja bicikala i prateće usluge osigurava više radnih mjesta nego što je to slučaj sa u rudarstvom i skoro dvostruko više nego u industriji čelika. Evropska biciklistička federacija ima veoma jednostavnu poruku za vlade i lokalne vlasti: „Znate da je ulaganje u biciklizam opravdano kroz benefite transporta i usporavanje klimatskih promjena i zadržavanje zdravstvenog budžeta država u prihvatljivim okvirima. Vrijednost zdravstvenih benefita koje nosi povećanje upotrebe bicikla u saobraćaju u Evropi procijenjena je između 143–155 milijardi eura godišnje. Istraživanje provedeno u Danskoj je pokazalo



da je rizik smrtnosti za osobe koje svakodnevno koriste bicikl kao prijevozno sredstvo skoro 40 % niži nego za osobe koje ne koriste bicikl u tu svrhu “(Andersen i sur., 2000) Stoga je jasno i lako dokazivo, zbog svega navedenog, da svaka biciklistička traka koja se uspostavi i svaki novi biciklista koji se pojavi doprinosi rastu zaposlenosti. Ulaganjem u razvoj biciklizama osigurava se bolji ekonomski napredak, opravdaniji, nego bilo koje drugo ulaganje u druge varijante transporta. Sve istaknuto bi trebalo da bude zadati smjer kretanja lokalnih zajednica i država u aktivnim projektima i konkretnim investicijama za podsticaj razvoja biciklizma i njegove upotrebe kao održivog i efikasnog načina transporta (Sibilski, 2015). Biciklistička industrija ne samo da pruža ekonomsku korist, ubrzava transfer s upotrebe automobila na bicikl u pogledu prijevoza, pomaže u smanjenju saobraćajne zagušenosti po cestama, zagađenja zraka i emisije CO₂, čime direktno poboljšava životne uvjete u vidu bolje kvalitete zraka i smanjena buke.

2. Metodologija

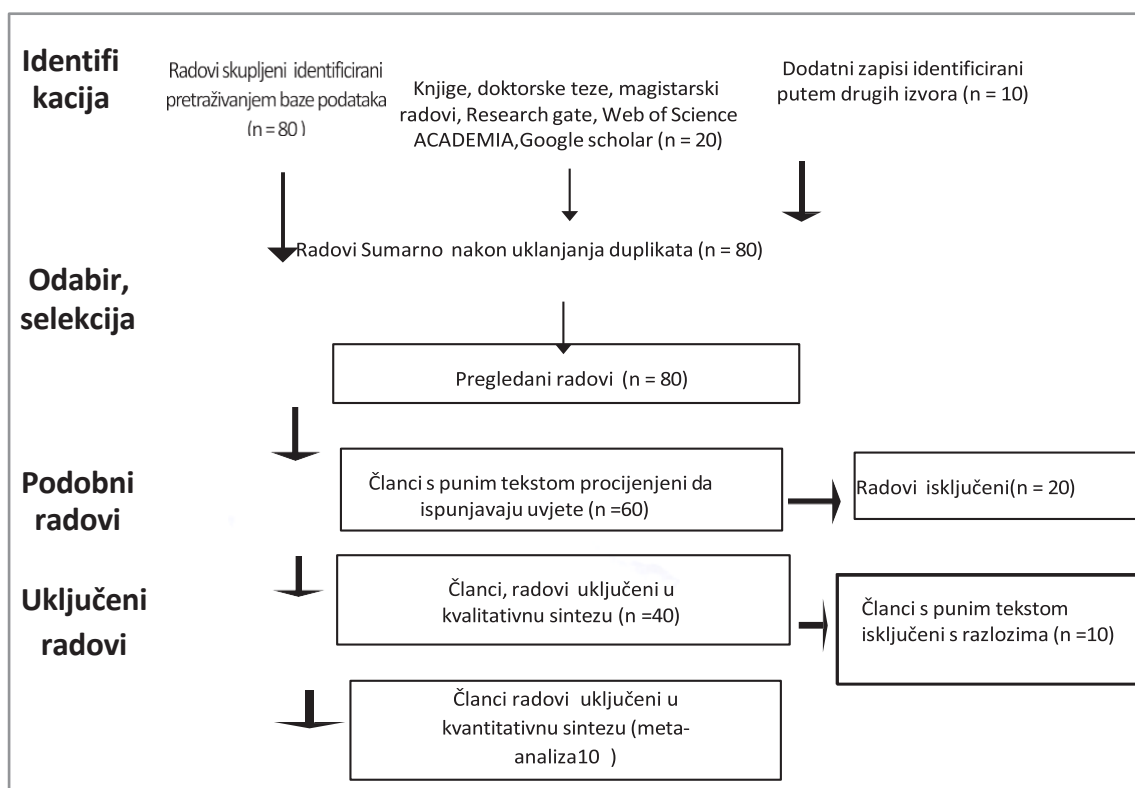
Ovaj znanstveni članak i prostor koji je istraživan, realiziran je primjenom općenitog dvostranog pristupa. Primarna akumulacija naučnih radova predstavljala je relativno jednostavniju fazu prikupljanja informacija, relevantnih naučnih znanja i zaključaka. Ista je bila usmjerena na istraživanja i proučavanje literature i drugih stručnih radova na temu bicikla kao sredstva transporta i biciklizma kao održivog oblika saobraćaja u svijetu.

Sekundarna akumulacija potrebnih naučnih, stručnih radova, publikacija i egzaktnih informacija usmjerila se na izazovnije i obimnije fazu prikupljanja. S obzirom da su dostupne baze podataka pružile nedovoljnu količinu kvalitetnih podataka, izvedeno je proširenje prostora ekstrakcije podataka. Dodatno prikupljanje podataka i informacija je obuhvatilo: službene objavljene podatke, baze podataka i izvještaje nadležnih javnih institucija, nevladine organizacije, udruženja građana, međunarodne organizacije koje djeluju na teritoriji Bosne i Hercegovine, u dva entiteta te Brčko distriktu. U svrhu dodatne provjere podataka, korišteni su medijski izvještaji i informacije vezane za konkretni prostor istraživanja. Također su informacije prikupljane i putem društvenih mreža. Za potrebe usporedbe i analize, dodatno su prikupljeni podatci vezani za biciklizam i održivi oblik urbanog transporta iz susjednih zemalja.

Veći dio literature, zvaničnih direktiva i smjernica te statističkih podataka prikupljen je putem interneta. Prikupljeni objavljeni radovi, izvještaji i konkretne smjernice pronađeni su putem platformi: Academia, Web of Science, Scribd, Highbeam, Taylor & Francis, Routledge te zvaničnih publikacija Evropske unije, Europske biciklističke federacija, Eurostata i drugih organizacija kao što su: Ujedinjeni narodi (UN) i Svjetska zdravstvena organizacija (WHO), upotrebom riječi i kombinacijom ključnih riječi: bicikl, transport i održivi saobraćaj.

Za realizaciju ovog istraživačkog rada korišten je unaprijed odabrani fond literature, prethodno prikupljenih knjiga, publikacija i naučnih radova. Prikupljenom bazom literature i znanstvenih radova identificirano je 110 referentnih jedinica. Nakon čitanja, analizom naslova, sažetaka, pojedini tekstovi i radovi isključeni su kroz utvrđene kriterije. Daljnjim poređenjem sadržaja i naslova ostvarena je druga faza eliminacija, shodno kriteriju putem kojeg je utvrđeno višekratno ponavljanje potpuno istog sadržaja. Ostala literatura bila je podložna daljnjem istraživanju i analizi. Kao temelj za izradu ovog istraživanja korištena je baza od 30 radova odabranih selekcijom. Svi ovi radovi su detaljno zadovoljili kriterije za uvrštavanje u analizu i provedbu stručno-istraživačkog rada.

Za postizanje ciljeva istraživanja u ovom radu, proveden je standardizirani postupak, temeljen na načelima znanstvene metode, vezane za prikupljanje relevantnih egzaktnih podataka i metode analiziranja istih, primijenjenom, primarno, desk metode istraživanja (*desk research*), u prikupljanju podataka i informacija vezanih za navedeno područje istraživanja.



Dijagram 1. prikupljena literatura. Bicikl i transport. Proces selekcije.

Izvor: Izrada autora prema (Moher, Liberati, Tetzlaff i Altman, 2009.)

Zbog nepostojanja jedinstvenih registara, evidencija i statistika: projekata, planova infrastrukture, objekata, edukativnih promocijskih aktivnosti vezanih za biciklistički saobraćaj, broj bicikala i biciklista te upotrebe bicikla u ekološkoj tranziciji i mobilnosti na razinama lokalnih zajednica i gradova, pristupilo se dodatnom prikupljanju podataka, informacija i provjere prikupljenih podataka iz navedenog prostora primjenom sekundarne metode (*field research*), istraživanja na terenu.

Sve dobivene informacije i egzaktni podatci su potom bili izloženi znanstvenim operacijama kategorizacije, klasifikacije, usporedbe i analize.

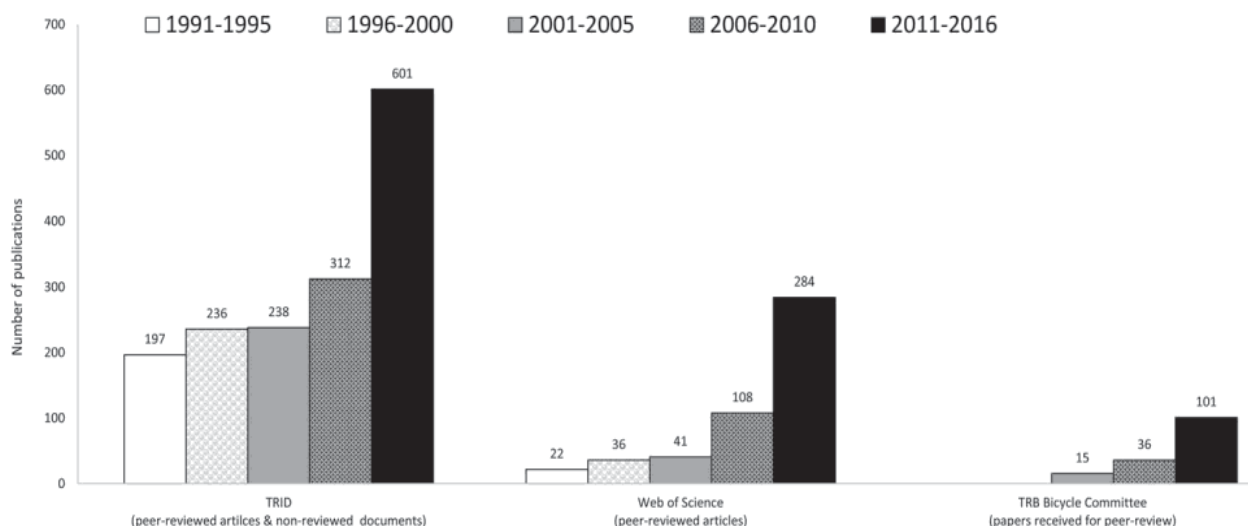
3. Rezultati istraživanja

3.1 Broj objavljenih naučnih radova vezanih za biciklizam kao održivog načina transporta

Prema Web of Science, prosječni godišnji broj recenziranih članaka o biciklizmu (u području prometa) bilježi značajan porast na godišnjem nivou. Tokom perioda 1991–1995, ukupan broj objavljenih naučnih radova je iznosio 284 na godišnjem nivou. U periodu 2011–2016, ostvaren je porast u brojnosti objavljenih naučnih radova o biciklizmu za trinaest puta. Veliki brojni rast objavljenih naučnih članaka i literature o biciklizmu posebno je izražen u recenziranim naučnim časopisima. Prema kriteriju citiranja, objavljeni naučni radovi, njih tri od deset najcitiranijih članaka u časopisu „Transport Review“, bili su o biciklizmu (Web of Science, 2017). Uz procvat akademskog istraživanja o biciklizmu, došlo je do fragmentiranja i utemeljenja stručnih i akademskih konferencija o biciklizmu i djelovanja sve utjecajnije, raširenije i međusobno povezane lokalne, državne, nacionalne i međunarodne biciklističke organizacije. Utemeljenja specijaliziranih stručnih platformi dostupnih putem interneta, konkretnih i provjerenih iskustava, posvećena su dijeljenju znanja o najboljim praksama namijenjenih kvalitetnom razvoju biciklizma. Pojava specijaliziranih internetskih foruma za razmjenu



informacija u sinergiji s medijem popularnih društvenih mreža, rastuća svjetska mreža istraživača, planera, zagovornika i biciklista nadahnuli su i omogućili aktivnu promociju biciklizma, kao i njegov budući razvoj. (Pucher & Buehler, 2017).



Dijagram 2. Prosječan godišnji broj publikacija o biciklizmu po petogodišnjim razdobljima, 1991–2016.

Izvor: TRB Komisija za biciklistički prijevoz (2017.); TRID (2017.); Web of Science, (2017), (Pucher & Buehler 2017).

Prema Web of Science, u vremenskom periodu 1991-2016, broj objavljenih naučnih radova vezanih za bicikl, transport i slično je porastao sa 0,25 objavljenih radova na godinu tokom 1991. godine na 3,14 naučna rada godišnje tokom 2016.

3.2. Naučni objavljeni radovi kroz protekle dekade usmjereni na razvoj biciklizma kroz adekvatnu biciklističku infrastrukturu

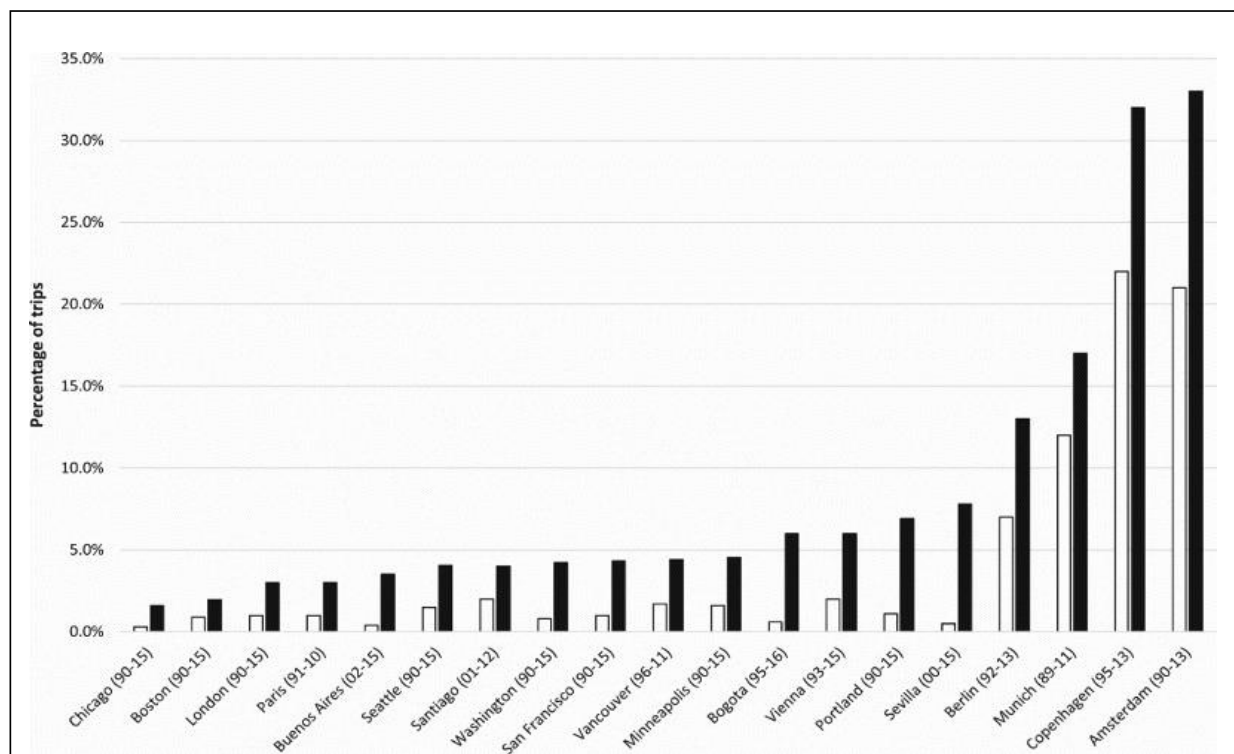
Posebno je važna razmjena informacija i transfer znanja o najboljim metodama i praksama za razvoj biciklizma. Prvi i najopsežniji naponi za promicanje, razvoj i sigurnije vožnje biciklom realizirani su u Zapadnoj Europi, posebno u Nizozemskoj, Danskoj i Njemačkoj, počevši od 1970-ih i nastavljaju se i danas (Pucher & Buehler, 2008).

Uspješna biciklistička infrastruktura, programi i politike u nizozemskim, danskim i njemačkim gradovima usvojeni su u mnogim drugim europskim gradovima tokom 1980-ih i 1990-ih, kao i u sjevernoameričkim i australskim gradovima, naročito od 2000. godine. (Pucher & Buehler, 2016). Rezultat je bio impresivan rast biciklizma, procvat biciklizma u velikim gradovima Europe i širom svijeta.

Naponi znanstvene i stručne zajednice od 70. godina dvadesetog stoljeća imali su za rezultat, nastanak moderne biciklističke infrastrukture sa adekvatnim programima edukacije. Dalja podrška razvoju biciklizma poduprta je zvaničnim politikama u zemljama: Nizozemska, Danska i Njemačka. Sličan trend je bio realiziran i u ostalim zemlje Evrope, što je dovelo do daljeg rasta udjela prijevoza biciklom u odnosu na druge vidove transporta. Uspješne prakse, veze akademske i stručne zajednice, uz postojanje koherentnih i konkretnih programa i politika razvoja, dovele su do globalno porasta upotrebe bicikla kao prijevoznog sredstva. Tako je, kako je vidljivo u dijagramu 3, tokom posljednjeg desetljeća u devetnaest velikih gradova zapadne Evrope, Sjeverne Amerike i Južne Amerike naglo porastao trend upotrebe bicikla kao prijevoznog sredstva zahvaljujući njihovoj posvećenosti u pogledu izgradnje biciklističkih staza. Najdramatičniji rast zabilježen je u gradovima u kojima biciklizam prije



nije bio uobičajeno sredstvo transporta u svakodnevnoj upotrebi. Kao što je vidljivo putem dijagrama 3, najveći porast upotrebe bicikla u devetnaest gradova desio se u Sevilli (Španjolska), Bogoti (Kolumbija), Buenos Airesu (Argentina) i Portlandu (Oregon), gdje je upotreba bicikla povećana više od šest puta. Visok rast je vidljiv i u gradovima: Amsterdam i Kopenhagen, gdje je konkretno povećanje bilo dodatak već visokim razinama upotrebe bicikla kao sredstva transporta. Na dijagramu 3. možemo uočiti i da je u gradovima Pariz, London i Beč došlo do trostruko ili četverostruko veće upotrebe bicikla u vremenskom periodu između 1990. i 2015. godine.



Dijagram 3. Povećanje udjela načina vožnje biciklom u velikim gradovima Evrope i Amerike, 1990–2015

Izvor: (Pucher & Buehler, 2008, 2017).

3.3 Bicikl kao transportno sredstvo - tjelesna aktivnost i zdravlje

Svjetska zdravstvena organizacija (WHO, 2018.) je postavila smjernice o fizičkim aktivnostima s ciljem poboljšanja zdravlja. U pogledu različitih vrsta tjelesnih aktivnosti i potrebnih vremenskih okvira za njihovo upražnjavanje, usmjerenih na zdravstvene beneficije različitih dobnih skupina, WHO preporučuje da djeca, mladi od 5 do 17 godina, trebaju svakodnevno posvetiti najmanje 60 minuta umjerene do intenzivnije tjelesne aktivnosti. Odrasli, u dobi od 18 do 64 godine, trebaju vježbati najmanje 150 minuta umjereno ili 75 minuta intenzivnije tjelesne aktivnosti (ili ekvivalentna kombinacija obje) sedmično (WHO, 2018). Aktivni načini kretanja, kao što su hodanje i vožnja bicikla, primjeri su umjerene tjelesne aktivnosti koja može pridonijeti zdravom načinu života. Istraživanja za procjenu ekonomske dobrobiti hodanja i vožnje biciklom pokazala su da aktivna pokretljivost donosi i fizičke i psihičke zdravstvene koristi, koje uvelike nadmašuju moguće povećanje izloženosti onečišćenju ili sigurnosnim rizicima povezanim s upotrebom bicikla. Tako se pokazalo da zamjenjujući upotrebu automobila biciklom (npr. putovanjem na posao od 5 km u jednom smjeru) ili pješaćenjem (npr. odlazak na posao 2,5 km u oba smjera) donosi neto novčanu korist od oko 1.000 eura za svaku osobu koja se odluči da umjesto korištenja automobila pređe na jedan od aktivnih oblika kretanja za zadovoljenje potreba u prijevozu (WHO, 2018).



Vožnja bicikla može uveliko smanjiti kliničke zdravstvene rizike povezane s kardiovaskularnim bolestima, pretilošću, dijabetesom tipa 2, određenih oblika raka, osteoporoze i depresije. Ovaj učinak poboljšanja zdravlja potvrđen je u cijelosti u različitim studijama i istraživanjima, pogotovu onim studijama koje su ispitivale grupe ljudi iz takozvane skupine životnog stila sa „sjedilačkim navikama“. Najbolji rezultati koristi od upotrebe bicikla u istraživanjima su ostvareni među grupama ljudi koji su prešli iz sjedilačkog u aktivni životni stil. U velikim evropskim gradovima, utvrđeno je u izvještaju OECD-a (Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj) da je pojedinac, koji je sa upotrebe auta prešao na vožnju bicikla, pored pozitivnih zdravstvenih učinaka, u prosjeku uštedio 1.343 eura godišnje (OECD, 2013).

3.4 Biciklizam, zdravlje i okoliš

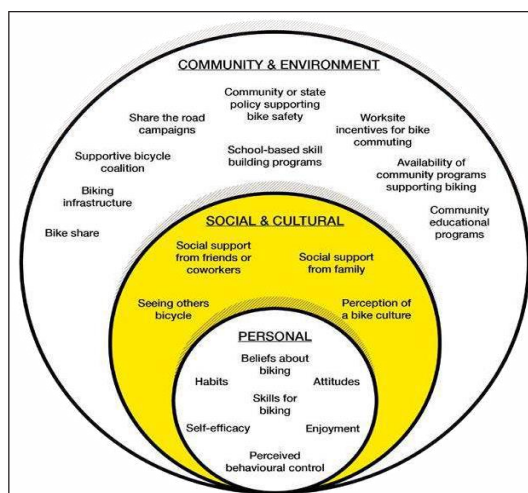
Ljudi koriste bicikle za odlazak u školu na posao, kupovinu, za turistička putovanja, trening, za usluge prijevoza ljudi i robe. Bicikl ljudima omogućuje redovito bavljenje tjelesnim aktivnostima, jedna je od aktivnosti uključenih u globalni akcijski plan Svjetske zdravstvene organizacije o tjelesnoj aktivnosti 2018–2030. (WHO, 2018.). Redovna tjelesna aktivnost povezana je sa smanjenjem rizika od bolesti srca, moždanog udara, pretilosti, dijabetesa, raka dojke i debelog crijeva. Tjelesna aktivnost poboljšava mentalno zdravlje i kvalitetu života pojedinca (WHO, 2018.). Prometni sektor, kojeg najviše koristimo, doprinosi sa 23% globalnih stakleničkih plinova sagorijevanjem goriva u motorima (W. Bank 2017). Saobraćaj motornim vozilima je najvećim dijelom uzročnik onečišćenja zraka i buke u urbanim sredinama. Oko 3,7 milijuna smrtnih slučajeva svake godine može se pripisati onečišćenju vanjskog zraka (WHO, 2016). Za razliku od transporta motornim vozilima, bicikl producira nultu emisiju zagađenja. To znači da će povećanje korištenja bicikla, hodanja, javnog prijevoza i drugih mjera za smanjenje onečišćenja povezanog s motornim saobraćajem - zagađenje zraka, prometne gužve i zagušenja - pridonijeti stvaranju okruženja pogodnog za život s čistim zrakom, manjom bukom, zakrčenosti ulica itd. Kada je riječ o smanjenju buke, što se često zanemaruje kada se govori o štetnosti saobraćaja motornih vozila, važno je naglasiti da ista ima negativan utjecaj na mentalni i opći zdravstveni status ljudi (WHO, 2011).

3.5 Edukacija, socijalizacija

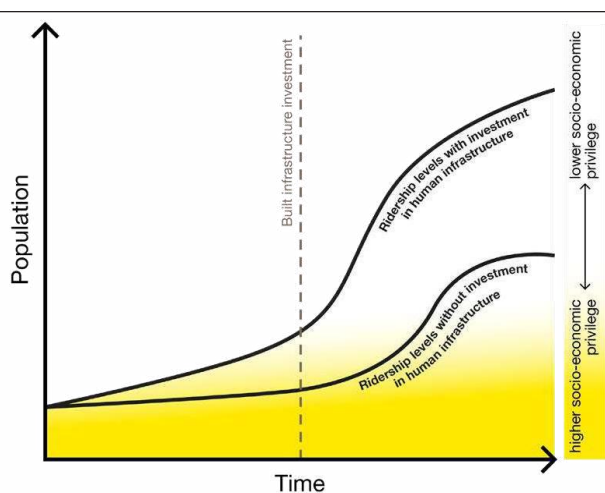
Prvi aspekt odnosi se na socijalizaciju. Na razini primarne socijalizacije, vožnja bicikla tokom adolescencije potiče stjecanje trajnih pozitivnih stavova prema vožnji bicikla kao i visoke razine biciklističkih vještina (Thigpen, 2019). Ovo su dva ključna aspekta, povezana s odabirom bicikla kao transportnog sredstva u odnosu na automobil (Abasahl, Kelarestaghi, Ermagun 2018).

U smislu sekundarne socijalizacije (u odrasloj dobi), biciklizam je postao preferirani izraz određenog životnog stila, pri čemu je bicikl snažno povezan s idejom održive mobilnosti. Pojavio se veliki broj organizacija i udruženja koja promoviraju biciklizam kao prijevozno sredstvo u svakodnevnom životu, naglašavajući pri tome i zbližavanje te socijalizaciju korisnika. Te su se zajednice organizirale oko stanica za popravak „uradi sam“ i time također privlače spretne ljude koji sami popravljaju svoje bicikle (Rigal, 2021.). Postoji i druga formalnija zajednica koja je strukturirana oko mjera za (re)integraciju mladih ljudi na tržište rada, kao što su profesionalne mogućnosti u biciklističkim radionicama stvorenim u tu svrhu. Biciklizam očito postaje višestruk socijalno-politički i ekonomski prostor, koji stvara mogućnosti za „kružno gospodarstvo“ sa inkluzivnim gradovima i mobilnošću, kao i antikapitalističke zahtjeve (Gillot i Rérat 2022).

Dodatni aspekt je transformacija stavova prema korištenju različitih načina prijevoza, to jest favoriziranje biciklizma. Slika i upotreba biciklizma uveliko se promijenila u posljednjih dvadesetak godina. Biciklizam se više ne doživljava samo kao aktivnost u slobodno vrijeme, već je postao svakodnevno prijevozno sredstvo — ono koje je zdravo i dobro za okoliš.



Dijagram 4. Edukacija razvoj na personalnoj, socio- kulturološkoj razini programi edukacije i programi izgradnje infrastrukture.



Dijagram 5. Razvoj biciklizma kroz investiranje u infrastrukturu ljudskih resursa u odnosu na biciklističku infrastrukturu.

Izvori: Dijagram 4.: Sims i Piatkowski. (2018). Dijagram 5.: Paige, Manaugh, El-Geneidy. (2015).

3.5.1 Edukacija ključne strategije iskustva u zemljama Evrope

U zemljama u kojima su stope korištenja bicikla kao prijevoznog sredstva jako visoke, Danska, Njemačka i Nizozemska, i dalje su prisutne politike i ciljevi daljnje edukacije u pogledu prednosti bicikla u saobraćaju kao ekološki najprihvatljivijeg oblika transporta. U akademskoj stručnoj zajednici Nizozemske kroz objavljene radove jasno su čitljivi stavovi da je biciklistička infrastruktura važna za razvoj biciklizma, ali prevagu važnosti u smislu razvoja biciklizma nose edukacija, promocije i politike u tom smjeru. Upravo kroz segmente edukacije u pravcu jačanje ljudske infrastrukture biciklizma kroz niz istraživanja, na osnovu dobivenih rezultata izvedeni su zaključci u kojim segmentima trajno treba raditi. Shodno istraživanju, aktivnosti su razvrstane u više segmenata kroz koje treba sinergijski djelovati i dalje kroz ključne strategije edukacije (BYCS, 2021):

- Edukacijski trening programi kreirani i namijenjeni za pet ključnih ciljnih skupina: mala djeca (8-12 godina), djeca (12-16 godina), starija djeca (16+ godina), starije osobe (60+ godina) stari i aktivna radna populacija. To omogućuje da programi i kampanje budu izrazito učinkoviti i da povećaju stope primjene vožnje bicikla među određenim demografskim skupinama.
- Lokalna zajednica, općina, državne institucije, kako bi ostvarili bolje rezultate, treba da preuzmu ulogu pokretača koji postavlja propise i smjernice te osigurava posebna sredstva i proračune za realizaciju trening edukacijskih programa. Preuzimaju ulogu koordinatora provedbe programa s javnim sektorom i lokalnim partnerima u gradovima i zajednicama kao što su lokalni sportski klubovi, nevladine organizacije, poduzetnici i škole.
- Jačati programe edukacije i opće biciklističke kulture i pokreta, kroz nove inovativne i načine, poput muzičkih festivala, kulturnih smotri, filmskih festivala, državnih praznika i proslava kroz konkretne kreativne kampanje u smjeru edukacije i popularizacije upotrebe bicikla kao transportnog sredstva.
- Raditi na smanjenju skepticizma kroz edukaciju važnosti biciklizma, unutar javnog, privatnog i civilnog sektora. Posebno raditi na smanjenju skepse unutar lokalnih i državnih institucija. Skepticizam je izražen u radu vlada i administracija koje su navikle na određeni način rada i često se odlučuju držati okvira „statusa quo“.
- Tražiti istaknute sportaše, umjetnike, poznate osobe iz javnog i privatnog sektora kao ambasadore ili promotore bicikla kao održivog transportnog sredstva.



- Raditi na kreiranju i realizaciji biciklističke marketinške kampanje: niz kratkih video kampanja u kojima se glavni akteri stanovnici koji govore o njihovim pozitivnim iskustvima korištenja bicikla i benefite koji iz tog proizlaze za njih itd. (posao, škola, fakultet, rekreacija, putovanja itd.) Iste video zapise plasirati putem društvenih mreža te javnih i privatnih medijskih kuća.
- Osigurati besplatne programe biciklističke edukacije i obuke inkluzivnog karaktera za kategorije stanovništva koje ne koriste bicikl (ne idu u školu, na posao itd.) kroz besplatne grupne biciklističke treninge, programe edukacije na besplatno dostupnim biciklima, edukacijskim treninzima na cestama s malo prometa, treninzima i edukaciji za porodice, trening ka podizanju samopouzdanja i edukacije u smjeru sigurne vožnje u grupi, tečajeva održavanja bicikla i tečajeva sigurne gradske vožnje za iskusnije vozače.

3.5.2 Ključni pravci razvoja biciklizma i usvojena strategija na nivou Evropske unije

Europska deklaracija o poticanju vožnje biciklom, „European declaration on cycling“, usvojena u oktobru 2023, i u preambuli iznosi 14 oblasti aktivnosti u smislu postizanja konkretnih mjera i djelovanja ka što bržem razvoju biciklizma i biciklističkog saobraćaja. Deklaracija Evropske unije je definirana s ciljem ostvarenja punog potencijala biciklističkog prometa u EU-u. Ovom se Deklaracijom potvrđuje da je vožnja biciklom jedan od najodrživijih, najpristupačnijih, najinkluzivnijih, cjenovno najprihvatljivijih i najzdravijih oblika prijevoza i rekreacije te da je od velike važnosti za evropsko društvo i gospodarstvo. Deklaracija bi trebala poslužiti kao strateški orijentir za postojeće i buduće politike te inicijative povezane s biciklističkim prometom. Deklaracija (EDOC, 2023), pored preambule, donosi 8. poglavlja s 36 obavezujućih tačaka:

- **Poglavlje I:** Razvoj i jačanje biciklističkih politika, EU i njegove države članice, zajedno s regionalnim i lokalnim vlastima, imaju ključnu ulogu u poticanju većeg korištenja bicikla. 5. obavezujućih tačaka.
- **Poglavlje II:** Poticanje inkluzivne, cjenovno pristupačne i zdrave mobilnosti. Mobilnost bi trebala biti dostupna svima, uključujući osobe s invaliditetom ili smanjenom pokretljivošću te neovisno o dobi i spolu, čemu korištenje bicikla može uvelike pridonijeti. Ono bi trebalo biti, cjenovno pristupačno, neovisno o razini dohotka te bi se trebalo promicati kao korisno za mentalno i fizičko zdravlje. 5 obavezujućih tačaka.
- **Poglavlje III:** Širenje i poboljšavanje biciklističke infrastrukture. Poboljšanje kvalitete, opsega, kontinuiteta i privlačnosti biciklističke infrastrukture ključno je za poticanje većeg korištenja bicikla. 6 obavezujućih tačaka.
- **Poglavlje IV:** Povećanje ulaganja i stvaranje povoljnih uvjeta za biciklistički promet. Potrebna su veća ulaganja kako bi se ostvario potencijal biciklističkog prometa. 2 obavezujuće tačke.
- **Poglavlje V:** Poboljšanje sigurnosti i zaštite na cestama. Svako bi trebao biti siguran i zaštićen tokom vožnje biciklom. 5 obavezujućih tačaka.
- **Poglavlje VI:** Podupiranje kvalitetnih zelenih radnih mjesta i razvoja vrhunske evropske biciklističke industrije. Veće korištenje bicikla znači više visokokvalitetnih i lokalnih radnih mjesta, korisno je za gospodarstvo EU-a i biciklističku industriju te doprinosi ciljevima industrijske strategije EU-a. 6 obavezujućih tačaka.
- **Poglavlje VII:** Podupiranje multi modalnosti i biciklističkog turizma. Bicikl bi trebao imati ključnu ulogu u poboljšanju multi modalne povezanosti i turizma, posebno u kombinaciji s vozovima, autobusima i drugim vrstama prijevoza u gradskim i u ruralnim područjima. 3 obavezujuće tačke.
- **Poglavlje VIII:** Poboljšanje prikupljanja podataka o biciklističkom prometu. Podaci o biciklističkom prometu trebaju se prikupljati na isti način u cijeloj EU-u kako bi se osiguralo učinkovito praćenje napretka u provedbi načela i obaveza iz ove Deklaracije. 4 obavezujuće tačke.



3.6 Biciklističke staze i signalizacija, cestovna infrastruktura i odnos prema razvoju biciklizma

Postoji veliki broj objavljenih naučnih radova vezanih za provedena istraživanja o biciklističkoj infrastrukturi i konkretnim iskustvima vezanih za biciklističku infrastrukturu. Sva istraživanja pokazuju da su za povećanje korištenja bicikala potrebne biciklističke mreže s visokokvalitetnom infrastrukturom. Biciklističke staze koje su odvojene od automobilskeg prometa ili koje su čak na namjenskim trakama odvojene od traka u kojima se kreću motorna vozila igraju odlučujuću ulogu u popularizaciji biciklizma (Pucher i Dijkstra 2000). Sigurna infrastruktura ključna je za popularizaciju vožnje bicikla među kategorijama koje ne voze bicikle, naročito među ženama, starijim građanima i djecom (Pucher i Buehler 2012.). Kroz obavljena istraživanja i objavljene rezultate istih uočljivo je da biciklisti također preferiraju dužu vožnju na namjenskim stazama umjesto kraćih putnih alternativa u kojima dijele saobraćaj s motornim vozilima. Kroz istraživanja i objavljene radove u svijetu, egzaktni rezultati ukazuju na potrebu izgradnje fizički odvojenih, zaštićenih biciklističkih staza na glavnim cestama s gustim i brzim prometom vozila. Najveće povećanje pojavnosti upotrebe bicikla s tog aspekta, vidljivo na dijagramu 3, bilo je u Bogoti i Seville, gdje je za nekoliko godina izgrađena mreža od preko 300 kilometara zaštićenih biciklističkih staza, što je dovelo do razvoja biciklizma u oba grada. Gledano s aspekta malih lokalnih i širih zajednica, izgradnja biciklističkih staza i adekvatne biciklističke signalizacije je relativno skup projekat, ali daleko jeftiniji od gradnje novih auto cesta ili auto puteva. Ono što se može učiniti vrlo lako, jeste odluka o ograničenju dozvoljene brzine kretanja motornih vozila, koja bi trebala biti implementirana na ograničenje brzine kretanja vozila na 30 km/h u gradskim zonama i na putevima koje koriste biciklisti. Smanjenje brzine kretanja vozila u saobraćaju se primjenjuje u Nizozemskoj, koja je u tom segmentu jedna od vodećih u Evropi. Na više od 75% gradskih ulica dozvoljena brzina kretanja vozila iznosi 30 km/h ili manje (SWOV, 2017.). Smanjenje brzine kretanja vozila u saobraćaju je usvojena politika i u drugim gradovima u Evropi: 85% ulica u Münchenu, 78% u Berlinu, 75% u Beču, 63% u Baselu, 54% u Zürichu i 50% u Hamburgu (Buehler i sur., 2017.). Sveobuhvatno smanjenje brzine kretanja vozila u saobraćaju u prigradskim, gradskim stambenim četvrtima i vangradskim naseljima, u mnogim gradovima i zemljama ključno je ne samo za promicanje biciklizma, već i za poboljšanje ukupne prometne sigurnosti, smanjenje buke i gužve na lokalnim ulicama. Kombinirano s preusmjerenjem prometa izvan stambenih četvrti, doprinosi se poboljšanju ukupne atraktivnosti i pogodnosti za život u gradovima i povećanju upotrebe bicikla kao transportnog sredstva.

3.7. Biciklizam kao održivi načina transporta u BiH. Broj objavljenih naučnih radova. Broj objavljenih stručnih radova

Broj objavljenih naučnih radova na teritoriji Bosne i Hercegovine, u oblasti istraživanja - bicikl održivi vid transporta ili razvoj biciklizma kao ekološka alternativa za postojeće oblike transporta i slično – je zanemariv. Kada se uporedi sa prosjekom objavljenih naučnih radova u Evropi, skoro da i ne postoji. Broj naučnih i drugih stručnih radova u Bosni i Hercegovini, koji su nastali istraživanjima i realizirani od strane akademske stručne zajednice, mnogo je veći kada se radi o brdskom biciklizmu. Taj oblik upotrebe bicikla, lokalne zajednice te javni i privatni sektor Bosne i Hercegovine vide kao polugu razvoja prepoznatljivosti turističke destinacije i razvoja specifičnih oblika turizma, sportskog i avanturističkog turizma. Istraživanjem ustanovljen konkretan broj objavljenih naučnih i stručnih radova u BiH. iznosi ukupno 9 u oblasti bicikl i održivi promet. Ovaj broj, u poređenju sa egzaktnim brojem objavljenih naučnih radova u Evropi, je iznimno mali, što je razumljivo s obzirom na geografske veličine prostora i njihovog odnosa Evrope naspram Bosne i Hercegovine. Radi boljeg razumijevanja dobivenih podataka, izvršeno je dodatno istraživanje i ekstrakcija podataka na susjedne zemlje i zemlje iz bližeg okruženja vezano za objavljene naučne i stručne radove i biciklističku infrastrukturu.



Tabela 1. Tabelarni prikaz objavljenih radova u susjednim zemljama

Naziv države	Srbija	Hrvatska	Bosna i Hercegovina
Broj objavljenih naučnih i stručnih radova	11	15	9

Izvor: izrada autora.

3.8 Ukupna dužina biciklističkih staza u gradovima BiH u poređenju sa regijom

Tabela 2. Ukupna dužina biciklističkih staza u gradovima u susjednim zemljama

Grad	Novi Sad	Zagreb	Ljubljana	Banja Luka	Sarajevo*	Mostar	Zenica
Ukupna dužina izgrađenih biciklističkih staza (km)	140.	250.	300.	32.	20.	2.	10.

*Strategija Razvoja Kantona Sarajevo. „Prema prijedlogu do kraja 2020. g. treba biti realizirano 50% biciklističkih staza (50km).

Izvor: izrada autora prema: Kabić i Uletilović (2023); Mikuš i Lemeš (2023).

Kao i na polju objavljenih naučnih radova u Bosni i Hercegovini, slična je situacija i sa stručnim radovima na temu biciklizam kao održivi način transporta. Znanstvena istraživanja i objavljeni naučni radovi stvaraju bazu za realizaciju stručnih radova. Stručni radovi u svom sadržaju iznose i pojašnjavaju već poznate objavljene rezultate znanstvenoga istraživanja i težište usmjeravaju na njihovu primjenu u praksi. Istodobno, naučnim istraživanjima potvrđene podatke i znanja prezentiraju u okvirima sistema edukacije i time ispunjavaju svoju drugu svrhu, a to je primjena u obrazovanju. Svi objavljeni stručni radovi su realizirani na vrlo kvalitetan način. Dodatno treba uzeti u obzir teškoće, kako za naučna istraživanja i posljedično objavljivanje istih tako i za stručne radove, koje predstavljaju problemi vezani za nepostojanje elektronskih baza podataka, koje bi trebale da nose egzaktnu podatke i statistike iz domene saobraćaja, broja biciklista, broja prodanih bicikala, dužina biciklističkih staza, itd.

Ustanovljeni broj stručnih radova na temu bicikl održivi načina transporta u BiH je 9. Ukupna dužina izgrađenih biciklističkih staza u gradovima BiH iznosi 64 kilometra.

3.9.1 Strategije i projekti u Bosni i Hercegovini – strategije i projekti na nivou dva entiteta i Brčko distriktu

Okvirna strategija prometne politike Bosne i Hercegovine 2015-2030. nema utvrđene pravce za razvoj biciklizma. Strategija razvoja biciklizma na nivou Bosne i Hercegovine kao posebna strategija nije donesena.

Strategija razvoja prometne politike Federacije BiH 2021-2027. nema usvojene planove razvoja biciklizma. Strategija razvoja biciklizma na nivou Federacije Bosne i Hercegovine ne postoji kao takva. U okviru usvojene strategije razvoja turizma Federacije BiH 2022. – 2027, samo na stranici 35. u tabeli 12. pod kategorijom: avantura; razvoj; prioritet 1, prirodni i sportsko-rekreativni resursi naveden je biciklizam. Kroz strategiju, biciklizam se navodi kao sredstvo obogaćivanja turističke ponude.

Strategija razvoja Republike Srpske 2021–2027. nema usvojene planove razvoja biciklizma. Strategija razvoja biciklizma na nivou Republike Srpske ne postoji kao takva. U okviru usvojene strategije razvoja turizma u entitetu Republika Srpska 2021–2027, u okviru prioriteta 3, naveden je razvoj turističkih resursa, avanturistički biciklizam, 39. i 40. str.



Strategija razvoja Brčko distrikta BiH 2021.–2027. nema usvojene planove razvoja biciklizma. Donesena strategija razvoja Brčko distrikta BiH potvrđuje pravac i aktivnosti ka izgradnji raznovrsne turističko-rekreativne infrastrukture, u skladu sa strateški profiliranim razvojem turizma (str.153.). Strategija razvoja biciklizma, Brčko distrikta BiH ne postoji kao posebno donesena strategija.

3.9.2 Strategije, projekti gradovi: Banja Luka, Mostar i Sarajevo. Lokalne zajednice rezultati istraživanja

Rezultati istraživanja vezano za donošene strategije razvoja gradova Banja Luka, Mostar i Sarajevo vezano podršku razvoja i konkretnu potporu povećanju upotrebe bicikla kao najodrživijeg transportnog sredstva zbirno donose sljedeće informacije i činjenice. Zajednički imenitelj, usvojenih strategija razvoja gradova Banja Luka, Mostar i Sarajevo, nakon realizirane analize, može se formulirati na sljedeći način:

Biciklistički promet mora biti sastavni dio prometne mreže grada i politike razvoja prometa na putu zelene transformacije istog. Posebno je potrebno raditi na unaprjeđenju biciklističke infrastrukture. Razvoj biciklističkih staza će posljedično doprinijeti većoj upotrebi bicikla i razvoju turizma kao i pozitivnom razvoju svijesti o prednostima koje donosi ovaj vid prijevoza, kako za građane tako i za cjelokupnu zajednicu.

Usvojena strategija razvoja grada Banja Luke (2018/27), razvoj biciklističkog saobraćaja i povećanje upotrebe bicikla u prometu bazira na realizaciji modernih politika urbanog razvoja, socio-ekonomske, porezne, zemljišno-imovinske i drugih politika, koje moraju podržavati ovaj način prijevoza, s obzirom na to da su sve te politike međusobno povezane (str. 80). Ista strategija u prilogu navodi podatak porasta upotrebe bicikla omogućene uvođenjem „Bike Sharing“ sustava zajedničke upotrebe bicikla u cijelom gradu. Isti prilog donosi informaciju da je tokom 2022. godine usluge iznajmljivanja bicikala koristilo 2.000 građana (I.p.pregl. 44 str.).

Usvojena strategija razvoja grada Mostara usmjerava plan izgradnje biciklističkih staza na području grada kroz aktivnosti i realizaciju „Odjela za urbanizam i građenje“ i „Zavoda za prostorno uređenje“. Ista strategija donosi usvojeni cilj na realizaciji i unaprjeđenju biciklističke infrastrukture. Nema navoda o konkretnim dužinama biciklističkih staza. Usvojena strategija donosi odluku za izgradnju javnih stanica za popravak bicikla i punjenje električnih bicikla (Str. 63. i 64.).

Usvojena strategija razvoja Kantona Sarajeva (2021/27). Jedan od važnih ciljeva ove strategije je izgradnja biciklističkih staza. Usvojenom strategijom do kraja 2020. godine trebalo je biti realizirano 50% biciklističkih staza u Kantonu Sarajevo, što iznosi 50 km, kao važan korak prema unapređenju održive mobilnosti i podršci razvoja biciklističkog saobraćaja (str.77.).

Strategija razvoja održive urbane mobilnosti Kantona Sarajevo i grada Sarajeva 2020-2025. je obuhvatila u svom dijelu bicikl kao ekološki prihvatljivo prijevozno sredstvo. Strategija je navela niz aktivnosti i radnji za povećanje upotrebe bicikla u saobraćaju kroz segmente djelovanja: povećanja edukativnih programa za 100%, povećanje promotivnih, edukacijskih programa vezanih za biciklizam i podizanje svijesti o sigurnosti u prometu, gradnje parking mjesta za bicikle te izgled buduće biciklističke infrastrukture sa deklariranim ciljem povećanja broja biciklista do 2025. godine od 200 % (str.70-74). Nema navoda o realizaciji rokova aktivnosti.

Istraživanjem su ustanovljene aktivnosti u okviru projekta, „Tribute“: Evropski projekat iz oblasti urbane mobilnosti, koji je započeo 2021, s rokom implementacije od 2,5 godine, i ukupnom finansijskom vrijednošću od 3,2 miliona eura. Aktivnosti vezane za ovaj projekat su započeti pristupanjem grada Sarajeva ovom projektu 2021. Organiziran i realiziran u Sarajevu 4. „TRIBUTE“ sastanak, zainteresiranih strana, u okviru „Forum 8. Evropske strategije za jadransko-jonsku regiju (EUSAIR)“, sa završnim događajem projekta „Evropske konferencije o transportu u Milanu (ETC.23.Milano)“, gdje



su predstavljeni rezultati projekta uključujući i transnacionalne strategije za održivi razvoj mobilnosti u gradovima jadransko-jonske regije. Neovisno na iznimnu važnost projekta za Sarajevo i posljedično za lokalne zajednice unutar Bosne i Hercegovine, istraživanjem vezanim za projekat „Tribute“ evidentirana je samo jedna realizirana publikacija: „Brošura projekta TRIBUTE 2021“. Tokom 2024. godine, do vremena zaključivanja ovog rada, nisu pronađene evidentirane aktivnosti, objavljeni znanstveni niti stručni radovi, kao niti ijedan zvanični izvještaj, koji bi iznijeli, zbirno i egzaktno, podatke i informacije vezane za realizaciju projekta.

Istraživanje vezano za ovaj rad, razvoj biciklizma kao održivog oblika transporta, obuhvatilo je i administrativno geografske prostore, općina i zajednica. Rezultat istraživanja na polju aktivnosti lokalnih zajednica, izrade i realizacije konkretnih planova za razvoj biciklizma je sljedeći: jedna općina i jedan kanton na području Federacije BiH imaju usvojenu studiju odnosno strategiju - „Studija uvođenja biciklizma u Unsko-sanskom kantonu“ i „Strategija razvoja održive urbane mobilnosti općine Zavidovići“.

Dobro realizirana studija razvoja biciklizma za Unsko sanski kanton (2020) bazirana je na analizi trenutnog stanja biciklističke infrastrukture uz primjere međunarodne prakse sa definiranim mjerama, finansijskim i izvedbenim planovima za uređenje važnijih biciklističkih staza u svim općinama u Unsko-sanskom kantonu. Strategija razvoja održive urbane mobilnosti općine Zavidovići (2020.) integralno pristupa rješavanju izazova u tom smjeru. Iako sama strategija podcrtava važnost bicikla u održivom transportu, razvoju biciklizma je posvećena jedna stranica u donesenoj strategiji.

Trend razvoja biciklizma kao oblika prijevoza te ekološke i zdravstvene benefite biciklizma navele su neke od lokalnih vlasti u BiH kako bi pokrenule aktivnosti na razvoju biciklističke infrastrukture i razvoju biciklizma, tako da bi prva donesena strategija te prva studija na nivou lokalnih zajednica trebale da označe početak procesa konkretnih aktivnosti na razvoju biciklizma kao održivog oblika transporta i za sve ostale lokalne zajednice u Bosni i Hercegovini.

3.9.3 Partneri u Bosni i Hercegovini za kvalitetniji i brži razvoj biciklizma održive urbane mobilnosti

Bosna i Hercegovina ima krovni biciklistički savez kojeg čine 32 registrirana biciklistička kluba na teritoriji cijele zemlje. Također je istraživanjem ustanovljeno postojanje tri dobro organizirane i vrlo aktivne zajednice brdskih biciklista, koje kroz njihove aktivnosti i projekte promoviraju biciklizam s ciljem razvoja sportskog i avanturističkog biciklizma. Neovisno o primarnim ciljevima dobro organizirane i aktivne zajednice brdskih biciklista Bosne i Hercegovine, ista u osnovi ostvaruje jak edukacijski i promotivni utjecaj na polju afirmiranja bicikla kao ekološki najprihvatljivijeg oblika prijevoza, koji opet jednako jako pozitivno djeluje u sferama zdravstva i ekonomije.

Istraživanjem je utvrđeno da u Bosni i Hercegovini postoje dvije dobro organizirane udruženja građana biciklista, jedno u Sarajevu i drugo u Banja Luci. Također je ustanovljeno intenzivno djelovanje dva udruženja koja promiču projekte vezane za ekologiju i „zelene tranzicije“ u smislu transporta i saobraćaja. Unutar svojih aktivnosti, snažno edukacijski, kroz usvojene programe aktivnosti djeluju u pravcu jake promocije upotrebe bicikla kao prijevoznog sredstva sa svim benefitima koje takva upotreba donosi društvenoj zajednici.

Pored toga, istraživanjem je ustanovljena jaka podrška međunarodnih organizacija, njih osam, koje djeluju preko pripadajućih ureda u Bosni i Hercegovini u smislu konkretne finansijske i drugih oblika pomoći u vidu potpore većoj upotrebi bicikla kao transportnog sredstva.



4. Zaključak

Na osnovu dobivenih rezultata može se konstatirati da su istraživanja u svijetu dokazala da biciklizam i promocija biciklizma kao održivog načina transporta djeluju kao generator pozitivnog razvoja i uže i šire društvene zajednice o okviru ekonomije, ekologije, saobraćaja, zdravstva i podizanja općeg kvaliteta života pojedinaca i zajednice. Tome u prilog idu donesene strategije i smjernice na nivou država u svijetu prema daljem razvoju biciklizma. Kroz istraživanje i rezultate unutar ovog rada, egzaktno je utvrđeno stanje biciklizma i upotrebe bicikla u održivom načinu transporta na teritoriji Bosne i Hercegovine sa svih aspekata. Na poljima naučnog stručnog istraživanja i realizacije radova u oblasti biciklizma, strategijskog planiranja javnih institucija i agencija, administrativnog i statističkog praćenja biciklizma, stanje infrastrukture, aktualni projekti vezani za razvoj i edukaciju i broj partnera koji aktivno djeluju mogu biti sinergijska potpora javnom sektoru Bosne i Hercegovine u razvoju biciklizma kao održivog oblika transporta.

Generalni zaključak donesen na osnovu rezultata predstavljenih u ovom radu može se formulirati i predstaviti pojednostavljeno. U mnogim segmentima, Bosna i Hercegovina zaostaje za svjetskim trendovima i njihovim primijenjenim praksama. Na polju razvoja biciklizma i modrenih održivih oblika transporta, zaostatak je veliki. Zaostatak Bosne i Hercegovine u ovom segmentu u poređenju sa susjednim zemljama je znatan. Dovoljno je navesti podatak da ukupna dužina izgrađenih biciklističkih staza u Bosni i Hercegovini iznosi 64 kilometra. Gradovi nama susjednih zemalja imaju izgrađenu biciklističku infrastrukturu, koja u pojedinim mjestima premašuje dvostruko, trostruko i skoro peterostruko ukupnu zbirnu dužinu biciklističkih staza na teritoriji Bosne i Hercegovine. Tako da je generalni zaključak na osnovu svega prezentiranog i navedenog da Bosna i Hercegovina u smislu razvoja biciklizma kao održivog načina transporta zaostaje za okruženjem mnogostruko, a za svjetskim trendovima skoro nesagledivo. Shodno tome, prvi cilj bi trebao da bude što brži, konkretan rad na smanjenju zaostatka u odnosu na susjedstvo putem hitnog donošenja zvaničnih strategija na svim nivoima vlasti, većeg angažmana akademske stručne zajednice, adekvatnog statističkog praćenja biciklizma i većeg uključivanja svih partnera u provedbi, podršci i u donošenju odluka u cilju što bržeg i boljeg razvoja biciklizma kao održivog oblika transporta.

5. Literatura

1. Biciklistički savez Bosne i Hercegovine. <https://bisabih.ba/o-nama/>. Pristup. mart.2024
2. Bicycle.From 1878 to now in 1878 as the Bicycle Touring Club, subsequently re-named the Cyclists' Touring Club, and now as Cycling UK, Cycling UK's archive of cycling films, paintings, photos and documents is at Warwick University. Pristup. mart.2024
3. BYCS.2021. Annual Report 2021. <https://bycs.org/>. Pristup. mart.2024
4. Centar za životnu sredinu <https://czzs.org/>. Mart 2024.
5. ECF“ The benefits of cycling Unlocking their potential for Europe“* ECF 2018. European Commission. PDF Pristup: Mart 2024.
6. European declaration on cycling (2023) on National Support Programmes for Sustainable Urban Mobility Planning (EU 2023.). Pristup: april 2024.
7. European Cyclists' Federation. The State of National Cycling Strategies in Europe (2021) (ecf.com). Available online: https://ecf.com/system/files/The_State_of_National_Cycling_Strategies_2021_final_0.pdf. Pristup: Mart 2024.
8. Farhad A., Kelarestaghi K. B, and Ermagun A. (2018.) “Gender Gap Generators for Bicycle Mode Choice in Baltimore College Campuses.” *Travel Behaviour and Society* 11 (April): 78–85. <https://doi.org/10.1016/j.tbs.2018.01.002>. Pristup: Mart 2024.
9. Gillot M., Patrick R. (2022) La « Révolution cycliste plurinationale » de Santiago ou le vélo comme outil de revendications plurielles / Santiago's “Plurinational Cycling Revolution” – Cycling as a tool for multiple demands. 2022/03/17. *Forum Vies Mobiles* Pristup: Mart 2024.



10. HEINRICH-BÖLL-STIFTUNG. Sarajevo, <https://ba.boell.org/bhs>. Pristup: Mart 2024.
11. Freiherr von Drais K. Spiegel. <https://www.spiegel.de/geschichte/200-jahre-fahrrad-karl-drais-und-seine-erfindung-fuer-milliarden-a-1120282.html>. Pristup: mart. 2024
12. Melissa B., Dangaia S. and Piatkowski D. (2018.) *Bicycling for Transportation: An Evidence-Base for Communities*. Elsevier. Greater attention to human infrastructure can help shape a new framework to ensure all populations feel that cycling is a strong modal choice for them. Failure to account for such barriers will continue to exclude those who would benefit the most from cycling as daily transportation. Pristup: Mart 2024.
13. Moher, D. Liberati, A, Tetzlaff J., Altman D. G. (2009); Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement PRISMA Group Collaborators, Affiliations expand PMID: 19621072 PMCID: PMC2707599 DOI: 10.1371/journal.pmed.1000097. Pristup: Mart 2024.
14. Möller H.; Haigh, F.; Hayek R. and Veerman L. (2020.). What Is the Best Practice Method for Quantifying the Health and Economic Benefits of Active Transport? *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 6186. Pristup: Mart 2024.
15. OCD. (2013) *Cycling, Health and Safety 2013 Corrigenda to OECD*: www.oecd.org/publishing/corrigenda. © OECD 2013. Pristup: Mart 2024.
16. Pucher J. Buehler R. (2008) „Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany“ published under the Taylor & Francis, Routledge <https://doi.org/10.1080/01441640701806612>. Pristup: Mart 2024.
17. Pucher, J. i Dijkstra, L. (2000) Making walking and cycling safer: lessons from Europe, *Transportation Quarterly*, 54(3), pp. 25–50. Pristup: Mart 2024.
18. Pucher, J. i Dijkstra, L. (2000) Making walking and cycling safer: lessons from Europe, *Transportation Quarterly*, 54(3), pp. 25–50. Pristup: Mart 2024.
19. Pucher, J. i Dijkstra, L. (2003) Promoting safe walking and cycling to improve public health: lessons from the Netherlands and Germany, *American Journal of Public Health*, 93(9), pp. 1509–1517. Pristup: Mart 2024.
20. Pucher, J. i Buehler, R. (2012.). *City Cycling*, John Pucher, Ralph Buehler, 2012, The MIT Press, ISBN: 978-0-262-51781-2 (393 pp.) Pristup: Mart 2024.
21. Pucher, J. i Buehler, R. (2016). Safer cycling through improved infrastructure. *American Journal of Public Health*, 106(12), 2089–2091. Pristup: Mart 2024.
22. Pucher, J. i Buehler, R. (2017): *Cycling towards a more sustainable transport future*, *Transport Reviews*, DOI: 10.1080/01441647.2017.1340234
23. Pucher, J., Buehler, R., & Seinen, M. (2011). Bicycling renaissance in North America? An update and re-appraisal of cycling trends and policies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(6), 451–475. Pristup: Mart 2024.
24. Pucher, J., Garrard, J., & Greaves, S. (2011). Cycling down under: A comparative analysis of bicycling trends and policies in Sydney and Melbourne. *Journal of Transport Geography*, 19(2), 332–345. Pristup: Mart 2024.
25. Rigal, A. (2022.) « Changing habits in the cycling subculture: the case of two bike workshops in France », *Mobilities*, DOI: 10.1080/17450101.2022.207163. Pristup: Mart 2024.
26. Sibilski L.J. (2015.) „Encourage-cycling-everywhere“. 2015. [/www.weforum.org/agenda/2015/02/why-we-need-to-encourage-cycling-everywhere/](http://www.weforum.org/agenda/2015/02/why-we-need-to-encourage-cycling-everywhere/). Pristup: Mart 2024.
27. Strategija razvoja turizma Federacije BiH. 2022. – 2027. <https://fmoit.gov.ba/upload/file/FBiH%20Strategija%20razvoja%20turizma%202022%202027%20BHS.pdf>. Pristup: april 2024.
28. Strategija razvoja Federacije BiH. 2021. – 2027 <https://www.fzzpr.gov.ba/bh/strateski-dokumenti/strateski-dokumenti-fbih/strategije-fbih>. Pristup: april 2024.



29. Strategija razvoja Republike Srpske 2021. – 2027 <https://vladars.rs/sr-SP/Cyrl/Vlada/Ministarstva/mpp/stratdok/Pages/Strategpolitrazvoja.aspx>. Pristup: april 2024.
30. Strategija razvoja Brčko distrikta BiH 2021–2027. https://skupstinabd.ba/2%20registar/ba/Odluke/2021/2290.%20Strategija%20razvoja%20BD%20BiH__bos.pdf. Pristup: april 2024.
31. Strategija razvoja grada Banja Luke (2018/27.) www.banjaluka.rs.ba/gradska-uprava/strategija-razvoja-grada/. Pristup: april 2024.
32. Strategija razvoja grada Mostara https://sogfbih.ba/sites/default/files/javni_dokument/2023-07/Mostar%20-%20Strategija%20razvoja%202022-2027.pdf. Pristup: april 2024.
33. Strategija razvoja Kantona Sarajeva (2021/27), https://zpr.ks.gov.ba/sites/zpr.ks.gov.ba/files/strategija_razvoja_ks_2021-2027_strateska_platforma_finalna_verzija.pdf. Pristup: april 2024.
34. Strategija razvoja održive urbane mobilnosti općine Zavidovići <https://sogfbih.ba/dokumenti/zavidovici-strategija-razvoja-odrzive> Strategija razvoja održive urbane mobilnosti Kantona Sarajevo i grada Sarajevo 2020-2025., <https://www.sarajevo.ba/en/article/11216/usvojen-strateski-dokument-odrzive-urbane-mobilnosti-za-ks-i-grad-sarajevo>. Pristup: april 2024.
35. Strategija Zavidovići, strategija-urbane-mobilnosti-opcine-zavidovici. Pristup: april 2024.
36. Strategije razvoja turizma u entitetu Republika Srpska 2021.–2027 [https://www.vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/MTT/Documents 202021-2027_1840766](https://www.vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/MTT/Documents%202021-2027_1840766). Pristup: april 2024.
37. Studija uvođenja biciklizma u Unsko-sanskom kantonu https://vladausk.ba/v4//files/media/pdf/65bfde92335267.19640195_Studija%20uvo%C4%91enja%20biciklizma%20u%20Unsko-sanskom%20kantonu.pdf. Pristup: april 2024.
38. SWOV. (2017). Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid (Dutch Institute for Road Safety Research), email communication with authors, Pristup: Mart 2024.
39. Thigpen, C., (2019). Do bicycling experiences and exposure influence bicycling skills and attitudes? Evidence from a bicycle-friendly university. *Transportation Research Part A: Policy And Practice* 123, 68–79. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.05.017>. Pristup: Mart 2024.
40. TRB. Committee for Bicycle Transportation. (2017). Committee triennial plan (ANF20) (Unpublished report). National Academy WEB of Sciences, Transportation Research Board, Washington, DC. Pristup: Mart 2024.
41. Tribute projekt. https://ceteor.ba/wp-content/uploads/2023/10/TRIBUTE-3rd-newsletter_v03.pdf. Pristup: Mart 2024.
42. TRID. (2017). Transport research international documentation. Washington, DC: National Academy of Science. Pristup: Mart 2024.
43. Udruženje biciklista Banja Luka. "Banjalučka kritična masa" <https://www.facebook.com/BanjaluckaKriticnaMasa/>. Mart 2024.
44. Udruženje biciklista Sarajevo girodisarajevo.ba. Pristup: Mart 2024.
45. WHO. (2016) Global urban ambient air pollution database. Geneva: World Health Organization; 2016. (WHO. 2016) Job RS. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environment International*. 1996;22(1): 93–104. Pristup: Mart 2024.
46. WHO. (2011). Burden of disease from environmental noise. Geneva: World Health Organization: 2011. Pristup: Mart 2024.
47. Willis, D., Manaugh, K. i El-Geneidy, A. (2015). Cycling under influence: Summarizing the influence of attitudes, habits, social environments and perceptions on cycling for transportation. *International Journal of Sustainable Transportation*, 9 (8), 565 -579.
48. World Bank (2017). The high toll of traffic injuries: unacceptable and preventable. Advisory Services and Analytics Technical Report – P155310. Washington DC: World Bank; 2017. (W. BANK 2017.). Pristup: Mart 2024.
49. World Health Organization WHO. (2018; 2020). Cyclist safety An information resource for decision-makers and practitioners. Pristup: Mart 2024.

**”ZELENI“ FINANSIJSKI INSTRUMENTI U FUNKCIJI ODRŽIVOG RAZVOJA****“GREEN” FINANCIAL INSTRUMENTS IN THE FUNCTION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT****Dr Cvijetin Živanović**VŠU Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko distrikt BiH;
prorektor.nastave@privrednaakademija.edu.ba**Dr Besim Duraković**

Victoria International University, BiH; besim@viu.ba

Dr Borislav Bojić

Vijeće ministara BiH, borislav.bojic@gmail.com

UDK: 620.92:502.131.1**DOI: 10.7251/AKPR2401045Z**

Sažetak: Globalni klimatski i ekološki problemi suočili su savremeni svijet sa ozbiljnim izazovom. Da bi ublažile njegove posljedice, države svijeta nemaju mnogo alternativa, odnosno neminovno su suočene sa imperativom ubrzanog prelaska na održivi razvoj. Prihvatanjem i implementacijom koncepta održivog razvoja, prihvata se i model „zelene“ ekonomije koji pored ostalih zadataka ima zadatak da se bavi pitanjima životne sredine i održivog ekonomskog rasta i razvoja, odnosno poboljšanja ljudskog blagostanja. U radu je akcenat na „zelenim“ instrumentima finansiranja kao što su: „zelene“ obveznice, „zeleno“ bankarstvo, (ekološki porez) ekološko plaćanje koje promoviše unapređenje i razvoj efektivne ekološke održivosti. Takođe, promovisana je i uloga ESG principa u aktivnostima kompanija obuhvaćenih agendom održivog razvoja kroz „zelene“ finansijske instrumente kao i prijedlozi za korišćenje „zelenih“ finansijskih instrumenata u uslovima: „ozelenjavanja“ privrede, obezbjeđivanja transparentnosti i otvorenosti u realizaciji državnih (i lokalnih) projekata iz oblasti ekologije i racionalnog upravljanja životnom sredinom, stvaranju povoljnih uslova za aktivniju primjenu „zelenog“ bankarstva i „zelenog“ crowdfundinga.

Ključne riječi: zeleni finansijski instrumenti, održivi razvoj, zelena ekonomija, zeleno bankarstvo, ESG

Abstract: Global climate and environmental problems have faced the modern world with a serious challenge. In order to mitigate its consequences, the world countries do not have many alternatives, thus they are inevitably faced with the imperative of an accelerated transition to sustainable development. By accepting and implementing the concept of sustainable development, the model of “green” economy is also accepted, which, in addition to other tasks, is tasked to deal with environmental issues and sustainable economic growth and development, i.e. improvement of human well-being. The paper emphasizes “green” financing instruments such as: “green” bonds, “green” banking, (environmental tax) environmental payment that promotes the improvement and development of effective environmental sustainability. Also, the role of ESG principles in the companies’ activities, covered by the sustainable development agenda through “green” financial instruments, was promoted, as well as proposals for the use of “green” financial instruments in terms of: “greening” the economy, ensuring transparency and openness in the implementation of state (and local) projects in the field of ecology and rational environmental management, creating favorable conditions for more active application of “green” banking and “green” crowdfunding.

Key words: green financial instruments, sustainable development, green economy, green banking, ESG



Uvod

Savremeni svijet suočen je sa globalnom pojavom klimatskih i ekoloških problema. Da bi ih riješile ili donekle ublažile njihove posledice, zemlje svijeta su suočene sa misijom tranzicije ka održivom razvoju. Koncept održivog razvoja je blizak modelu zelene ekonomije, koji je usmjeren na rješavanje problema vezanih za životnu sredinu, uz istovremeno obezbjeđivanje održivog ekonomskog rasta i razvoja u pogledu unapređenja blagostanja ljudi. U tom smjeru, proučavanje pravaca razvoja „zelenih“ finansija radi obezbjeđivanja održivog ekonomskog rasta i razvoja, postao je izuzetno važan naučni i praktični zadatak. „Zelene“ finansije su profilisale novi pravac u finansijskim odnosima. Zeleno finansiranje podrazumijeva izdvajanje značajnog kapitala za ekonomski rast i razvoj koji uvažava karakteristike i potrebe životne sredine, što znači da može uključivati finansiranje projekata za zaštitu od zagađenja (npr. zagađenje vazduha, zagađenje vode), klimatskih promjena, gubitka biodiverziteta, zaštite plovnih puteva, itd. „Zeleno“ finansiranje je samo jedan od više elemenata podrške održivom razvoju, uključujući društvene i menadžerske aspekte, i igra značajnu ulogu u realizaciji ekoloških projekata¹ tokom čitavog XX i na početku XXI veka. Ovakva praksa je dovela do značajnih tehničko-tehnoloških transformacija koje su se dogodile i događaju utičući na dinamiku novčanih tokova u mnogim industrijama svijeta kao i privredi u cjelini. Promet novca se dinamično mijenjao, koji se ne samo prilagođavao novim zahtjevima privrede, već je uvodio i promovisao neophodne novine u javnom životu, koje podrazumijevaju tokove „zelenih“ finansija „čija je ideja nastala na presjeku „finansijskih teorija realne ekonomije“. i „ekonomije upravljanja životnom sredinom“. Danas „zeleni“ inovativni projekti, procesi i tehnologije igraju značajnu ulogu u pozitivnom uticaju na ekološku situaciju širom svijeta, jer usmjeravaju pravilno korišćenje i očuvanje, reprodukciju prirodnih resursa za rast i razvoj ekonomija i poboljšanje ljudskog blagostanja. Pored toga, kreiranje i implementacija promjena u proizvodnim procesima i proizvodima neminovno vodi prema održivom razvoju. Tehničko-tehnološke inovacije podržavaju održivi ekonomski rast i razvoj, a „zeleno“ finansiranje² daje, u izvjesnom smislu, institucionalnu garanciju za tehničko-tehnološke eko-inovacije.

1. Svrha pisanja rada

Svrha pisanja rada je da promoviše „zelene“ finansijske instrumente i identifikuje perspektivne oblasti za njihovu upotrebu u Bosni i Hercegovini za postizanje održivog razvoja.

2. Referentni izvori i metode istraživanja

Kao teorijska i metodološka osnova za pisanje ovog rada poslužili su zvanični dokumenti, radovi domaćih i stranih teoretičara i praktičara koji su svoje radove posvetili temama „zelene“ ekonomije i „zelenog“ finansiranja. Konkretno u ovom radu korišćene su određene opštenaučne metode istraživanja: dijalektika, apstrakcija i poređenje, generalizacija i sinteza, dedukcija i indukcija.

3. Istraživački nalazi

Postojeći model ekonomskog rasta i razvoja, koji je rasprostranjen kod većine zemalja svijeta, dijagonalno je suprotan konceptu održivog razvoja, jer se zasniva na ekonomskom modelu rasta i razvoja zasnovanom na neodrživoj proizvodnji, neracionalnom korišćenju prirodnih resursa i na neodgovor-

¹ Андреева О.В., Чернобай О.С., Сони́на А.О. «Зеленые» финансы для устойчивого развития: новые вызовы современного этапа // Управленческий учет. 2023. № 2. С. 393–398. DOI: 10.25806/uu22023393-398

² Primjer: Sparkasse bank BiH, Klijentima se odobravaju krediti iz ove linije za finansiranje projekata sa ciljem zaštite okoline, uključujući one koji doprinose energetskej efikasnosti i smanjenju CO₂ emisija, kao i inicijative za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora. Osim što moraju zadovoljiti posebne uslove finansiranja iz ovog fonda, klijenti i njihove poslovne prakse moraju biti u skladu sa ekološkim standardima i društvenim pravilima



noj potrošnji. Iz navedenih razloga i postoji potreba za razvojem novog ekonomskog modela rasta i razvoja koji će doprinijeti postizanju diferentnijeg održivog razvoja. Glavne kategorije koje se odnose na održivost su: društvene potrebe, ekonomski ciljevi i životna sredina koji su postali poznati kao tri „stuba“ održivosti.³ One su stvorene da služe kao principi za rješavanje različitih ključnih pitanja i problema. Države koje slijede principe održivog razvoja nastoje da ostvare svoje potrebe u sve tri kategorije bez ugrožavanja prilika budućim generacijama da zadovolje sopstvene potrebe. Zbog toga je neophodno preći na novi ekonomski model koji će doprinijeti postizanju održivog razvoja.

Model „zelene“ ekonomije zasniva se na osnovnim postulatima održivog razvoja, za čiju implementaciju su potrebni „zeleni“ finansijski instrumenti. Lista „zelenih“ finansijskih instrumenata koje neke države koriste u praksi stalno se proširuje zbog pojave, s jedne strane, novih izazova i prijetnji klimatske i ekološke prirode, a s druge - novih naučnih dostignuća, uključujući digitalizaciju, povoljne ekonomske uslove itd. U tom pogledu, svaki od „zelenih“ finansijskih instrumenata ima svoj efektivni obim primjene. To su „zelene“ obveznice, „zeleno“ bankarstvo („zelene“ hipoteke, „zeleni“ krediti za automobile, „zeleni“ depoziti, itd.), „zelene“ polise osiguranja (ugovori), „zeleni“ (ekološki) porez/ekološki plaćanje itd. S tim u vezi, prepoznat je i „zeleni“ kredit kao kredit koji se daje kao podrška ekološkim projektima. Postoje još neke vrste „zelenih“ kredita kao što je - „zeleni“ auto kredit - kredit, koji se izdaje po nižoj stopi od uobičajene, namjenjen za kupovinu ekološki prihvatljivih automobila.

Amina Nikolaev, u svom radu pod nazivom: Održivost i zeleno bankarstvo⁴, ističe da je zbog težnje za postizanjem što većeg stepena privrednog razvoja i boljeg životnog standarda, društvena zajednica primorana da s vremenom povećava proizvodnju ali i potrošnju i time proširuje obim privrednih aktivnosti. Provodeći takvu misiju, dodatno su iscrpili Zemljine resurse i neizbježno doprinijeli sadašnjim klimatskim promjenama. Posljedično, klimatske promjene, koje su sve očiglednije, izazvale su porast zabrinutosti za očuvanje planete. Brojni negativni izazovi koji su pogodili privredni rast i ostavili posljedice na životnu sredinu, doprinijeli su stvaranju koncepta održivog razvoja zasnovanog na međuzavisnosti ekonomske, ekološke i socijalne dimenzije. Odgovorni učesnici održivog razvoja su mnogobrojni, od pojedinaca, poslovne zajednice, vladinih predstavnika i međunarodnih aktera. U domenu poslovne zajednice posebno je razvijen koncept održivog ili „zelenog“ bankarstva u kojem se ističe značaj bankarskog sektora u ispunjavanju ciljeva održivosti.

Neke banke u Bosni i Hercegovini nude „zelene“ kreditne linije pa tako na internet stranici NLB Banke Banja Luka, postoji ponuda koja najprije potencijalnog klijenta uvodi u sferu tumačenja pojma „zeleni“ krediti i gdje se ističe da je „zeleno“ sinonim za prirodu, za zdravlje i za čisto okruženje, i da može biti sinonim i za finansiranje. Ulaganja koja posredno ili neposredno utiču na očuvanje životne sredine, energetske efikasnost i održivost, podržana su kroz kreditne linije NLB Banke Banja Luka. NLB Zeleni krediti nude se stanovništvu BiH sa povoljnijim kamatnim stopama od redovnih i mogu se iskoristiti za nabavku novih uređaja, mašina, kućanskih aparata, vozila ili za izgradnju, dogradnju ili renoviranje stambene jedinice koja će biti energetske efikasnosti.

„Od sada imate mogućnost dobiti Zeleni kredit za opštu potrošnju, namijenjen fizičkim licima sa stalnim mjesečnim primanjima, a koji se koristi u svrhu kupovine kućanskih aparata energetske klase A, A+, A++, A+++, B i C, električnih trotineta, običnog ili električnog bicikla, i električnih i hibridnih vozila i drugih proizvoda koji na određeni način utiču na smanjenje negativnih uticaja na prirodno okruženje. Zeleni stambeni kredit, s druge strane, možete koristiti kako biste završili fasadu, obnovili stolariju, ugradili centralno grijanje ili hlađenje ili postavili solarne panele.“⁵

Na internet stranici Instituta za društveno-odgovorno poslovanje, Zagreb navedeno je sljedeće tu-

³ <https://odrzivahrvatska.hr/kratki-vodic-znate-li-koja-su-to-tri-stupa-odrzivosti-32264/>

⁴ Nikolaev, A: (2022): Održivost i zeleno bankarstvo, Publikacija: Godišnjak Pravnog Fakulteta u Sarajevu, 2022, Vol 65, p133, ISSN 0581-7471

⁵ <https://www.nlb-rs.ba/nlb-zeleni-kredit/> (april,2024.)



mačenje pojma „zelene“ obveznice: „zelene“ obveznice čine većinu „zelenih“ finansija. To uključuje ulaganja u obveznice, čiji se prihodi koriste za podršku različitim ekološkim inicijativama kao što su obnovljiva energija, čist transport i očuvanje životne sredine. „Zelene“ obveznice predstavljaju ključan finansijski instrument za finansiranje ekološki održivih projekata. Suprotno, ne postoji standardizacija „zelenih“ obveznica u Evropskoj Uniji. Stvaranje i uspostava takvog standarda bila je preporuka u završnom izvještaju stručne grupe na visokom nivou za održivo finansiranje (HLEG). Kao dio Evropskog „zelenog“ plana i plana ulaganja, Komisija je ponovno potvrdila svoje djelovanje na stvaranju standarda za EU zelene obveznice.“⁶

Osiguranje životne sredine (osiguranje od odgovornosti za životnu sredinu) pokriva gubitak i štetu nastalu emisijom zagađujućih materija koje nisu pokrivene osiguranjem imovine i odgovornosti. *Zelena crowdfunding* je alternativni finansijski instrument koji se posebno odnosi na kompanije i inovativne projekte u različitim sektorima, među kojima je zelena ekonomija jedna od najnaprednijih. Nedavno je došlo do značajnog rasta platformi za crowdfunding. Crowdfunding se koristi u dobrotvorne svrhe, investicije, finansiranje kompanija i lične potrebe. Mnogi ljudi učestvuju u prikupljanju sredstava kao donacije raznim dobrotvornim organizacijama, uključujući i organizacije posvećene ekološkim problemima.

Na žalost, savremeni ambijent ne prepoznaje u dovoljnoj mjeri ovaj finansijski instrument, ali je značajno da njegova popularnost kontinuirano raste. Ovaj alat posebno podržavaju neprofitne organizacije i preduzetni građani radi prikupljanja inicijalnih sredstava za različite eko projekte (eko događaje, izdavanje knjiga koje tretiraju ekološku problematiku, odnosno problematiku održivog razvoja, filmova, eko-proizvoda itd). Ali nisu „zeleni“ finansijski instrumenti u „svojini“ privrede i građana, koji su ih usmjerili na finansiranje ekoloških projekata, već značajnu ulogu u sprovođenju modela „zelene“ privrede ima i država.

Pokušaj Evropske unije da ovaj problem donekle riješi donošenjem Direktive o odgovornosti za životnu sredinu (The Environmental Liability Directive 2004/35/EC, dalje u tekstu (ELD) nije prihvaćena objeručke od mnogih članica Evropske unije, štaviše izazvala je dosta nedoumica u pogledu njene primjene. U prigodnom tekstu autora Zorana Radovića pod naslovom: Direktiva EU o odgovornosti za životnu sredinu“ ističe se da: „pri regulisanju odgovornosti, ELD uopšteno propisuje obavezu otklanjanja štete prouzrokovane životnoj sredini. Od odgovornog preduzetnika očekuje se da brzo ukloni štetu nanetu prirodnom okruženju („environmental damage“)

Bez dileme, državni budžet je najvažniji alat za usklađivanje finansiranja sa principima održivog razvoja. Tako, vlade različitih država, suočene sa imperativom „ozelenjavanja“ privrede, sve više uvode tzv. „ekološko (zeleno) budžetiranje“. Na taj način, „zeleno budžetiranje“ sve više postaje dio šireg zelenog sistema javnih finansija. Zapravo, radi se o pristupu koji identifikuje i procjenjuje klimatske uticaje i fiskalnu održivost.⁷ Sve veći broj zemalja, u okviru oporezivanja, uvodi poreze i naknade u cilju zaštite i očuvanja životne sredine i praksu trgovanja emisijom dozvolama. Otuda termini „zeleno oporezivanje“.

Uopšteno govoreći, ekološka taksa ili zelena taksa je porez koji se naplaćuje na aktivnosti koje se smatraju opasnim/štetnim po životnu sredinu i osmišljena je da podstakne ekološki prihvatljive aktivnosti kroz ekonomske podsticaje. Ove takse mogu biti usmjerene na postizanje različitih ciljeva, na primjer, odlaganje otpada, smanjenje zagađenja vode i vazduha, smanjenje emisija, ali isto tako mogu biti kompenzacija za korišćenje prirodnih resursa itd.

Ova praksa je češća u razvijenim državama i, zvuči zanimljivo, jednom broju evroazijskih zemalja (na primjer u Rusiji). U Rusiji je ustanovljeno nekoliko poreza i naknada koji su povezani sa životnom

⁶ <https://idop.hr/zeleno-obveznice-sto-predstavljaju/> (april,2024)

⁷ Green Budgeting [Электронный ресурс]. URL:https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/eu-budget/performance-and-reporting/horizontal-priorities/green-budgeting_en (april, 2024).



sredinom: porez na vađenje minerala, porez na vodu, porez na zemljište, porez na transport itd (više vidjeti u tabeli 1). Pažljivim posmatranjem sadržaja tabele, uočljiva je heterogenost primanja ekoloških naknada i plaćanja za navedeni period, što se uglavnom objašnjava uticajem širenja nove infekcije virusom korona od 2020. godine. Pred kraj 2021. godine, obim prihoda od poreza i neporeznih opterećenja je porastao, premašivši nivo prije pandemije. Ako procijenimo strukturu poreznih prihoda, onda 1/3 pripada ekološkim porezima, a 2/3 su ostala ekološka plaćanja. U grupi koja objedinjava ekološke poreze, skoro 80% čine porezi na energente, dok u grupi ostalih ekoloških plaćanja 92,7% su plaćanja u vezi s proizvodnjom nafte i prirodnog gasa. Takođe, Zakon predviđa obavezna neporeska plaćanja za životnu sredinu, koja se ne smatraju porezima: plaćanje za negativan uticaj na životnu sredinu, ekološka kompenzacija, prikupljanje reciklažnog otpada itd. U 2020. godini udio ukupnih neporeskih prihoda je iznosio oko 8%, što je gotovo tri puta više nego u 2017. godini.⁸

U svakom slučaju vidljivo je da su vrste uticaja na životnu sredinu različite, a shodno tome i plaćanja. Međutim, ono što treba navesti kao značajno jeste da sredstva prikupljena na ovaj način nemaju karakter finansiranja mjera zaštite životne sredine i karakteristike „zelenih“ sredstava dobija samo onaj dio sredstava koji je usmjeren na finansiranje ekoloških aktivnosti. Kad je u pitanju trošak (rashod) u budžetu, u Rusiji je finansiranje mjera zaštite životne sredine propisano zakonima (ili odlukama) kojima se utvrđuje, pored ostalog i obim budžetskog finansiranja mjera zaštite životne sredine. Uglavnom, programi kojima se finansiraju mjere zaštite životne sredine se realizuju posredstvom nacionalnih i/ili lokalnih projekata.

Tabela 1. Pregled naplaćenih poreza u Ruskoj Federaciji

Primici	2018	2019	2020	2021		
				Mld.rub	% svega	% grupe
Ukupno	10574,1	10163,4	6900,3	11831,9	100	-
1.Ekološki porezi	4167,7	3742,9	2680,6	3982,7	33,67	100
1.1. Energetski porezi	3639,4	3089,2	1920,1	3142,8	26,56	78,91
1.2. Saobraćajni porezi	247,2	270,5	264,3	290,6	2,46	7,3
1.3. Porezi na onečišćenje	279,0	334,8	382,8	540,9	4,57	13,58
1.4. Porezi na ostale prirodne resurse	2,1	48,4	113,4	8,4	0,07	0,21
2.Ostala ekološka plaćanja	6406,4	6420,5	4219,7	7849,2	66,33	100
2.1. Porez za korišćenje zemljišta	29,1	38,7	36,2	40,2	0,34	0,51
2.2. Porez na proizvodnju nafte i prirodnog gasa	6168,2	6123,3	3918,4	7276,7	61,5	92,7
2.3. Porez na vađenje ostalih prirodnih resursa (osim nafte i prirodnog gasa)	199,7	248,3	262,7	380,4	3,22	4,85
2.4. Novčane kazne	9,4	10,2	2,4	1,28	1,28	1,94

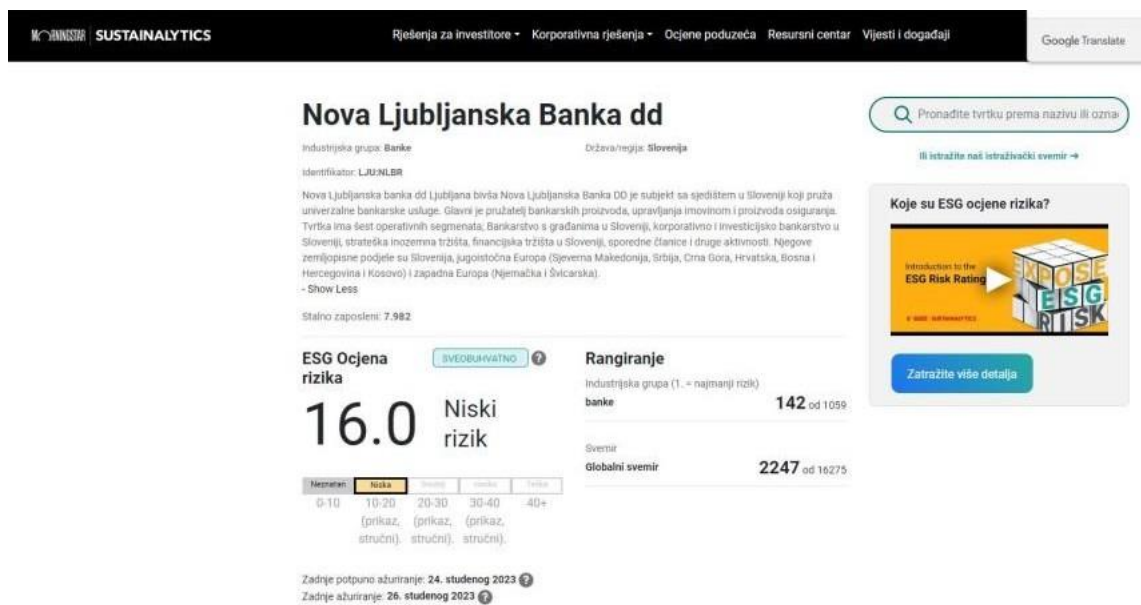
Izvor : данные Росстата [6, с. 108], превод и обрада аутора

⁸ Отчет о результатах экспертно-аналитического мероприятия «Исследование подходов по совершенствованию системы неналоговых экологических платежей в 2017–2019 годах и истекшем периоде 2020 года» // Бюллетень Счетной палаты РФ. 2021. № 8 (285) [Электронный ресурс]. URL: <https://ach.gov.ru/upload/iblock/cfb/h75p4x5t2ron78jtt0ymi307066wg0sx.pdf> (april,2024).



U nastavku teksta biće riječi o ulozi ESG principa u okviru aktivnosti kompanija koje su prihvatile agendu održivog razvoja korišćenjem „zelenih“ finansijskih instrumenata. Još davne 2005.godine UN su usvojile Principe odgovornog poslovanja (PRI), poslije čega su ESG (environmental, social, governance) principi postali široko rasprostranjeni. PRI principi sugerišu i donekle obavezuju investitore da prilikom ulaganja svog novca u određene projekte, provjere da li kompanija u koju ulažu, slijedi principe ESG čime dokazuje da je orijentisana prema održivom razvoju društvene zajednice uvažavajući ekološke, društvene i upravljačke faktore održivosti. S tim u vezi kompanije kod kojih je uočljivo da slijede principe ESG, stižu veće šanse za dobijanje novca od investitora. Danas je primjetno da mnoge banke, rukovodeći se PRI, uvode ESG procjenu kompanija u procesu kreditiranja. Štaviše, kompanije koje implementiraju ESG principe u svome poslovanju stižu mogućnost da od banaka dobiju tzv. „zeleni“ kredit koji će koristiti za finansiranje ekoloških projekata. Takođe, kompanije sa implementiranim ESG principima mogu da izdaju tzv. „zelene“ obveznice koje imaju čitavu paletu prednosti u odnosu na konvencionalne obveznice. Na primjer, „zelene“ obveznice povećavaju pozitivnu percepciju kompanije u javnosti, doprinose prestižu i povoljnijem imidžu kompanije kao i banaka koje su uključene u proces njihovog emitovanja. Pored toga, i država može da pruži podršku kompanijama koje emituju „zelene“ obveznice, kroz „povlašćeno“ oporezivanje.

„NLB Banka koja posluje na prostoru BiH je u novembru 2023. dobila ocjenu 16.0. u okviru ESG Risk Rating i Sustainalytics je procijenio da Banka posjeduje nizak rizik uticaja ESG faktora na njeno materijalno finansijsko stanje zbog srednje izloženosti i snažnog upravljanja ključnim ESG pitanjima. Kompanija je poznata po svom snažnom učinku u korporativnom upravljanju, što smanjuje ukupni rizik. Dalje, kompanija nije imala značajnija neslaganja, navedeno je u ocjenjivanju Sustainalytics-a.



Slika 1. Rejting NLB d.d. Ljubljana⁹

Izvor: <https://www.sustainalytics.com/esg-rating/nova-ljubljanska-banka-d-d/1009981019>

U dodatku, ESG Risk Rating NLB Banke je svrstava među 15% najboljih banaka koje je ova kompanija ocijenila.¹⁰ Naponi NLB Banke u polju održivosti obuhvataju aspekte zaštite okoline, društvena pitanja i pitanja upravljanja. Neki od njih su:

⁹ <https://www.sustainalytics.com/esg-rating/nova-ljubljanska-banka-d-d/1009981019> (april,2024)

¹⁰ <https://www.profitiraj.ba/nlb-banka-dobila-visoku-esg-ocjenu-za-odrzivo-poslovanje/> (april,2024)



- uspostavljen je okvir Održivosti NLB Grupe,
- NLB Banka se među prvima posvetila UN principima održivog bankarstva i pridružila se Net Zero Banking Alliance-u Ujedinjenih nacija koji ima za cilj da uskladi kreditne i ulagačke portfelje u dostizanju eliminacije štetnog emitovanja do 2050.
- NLB Banka je jedna od istaknutijih promotera i sponzora sportskih udruženja i događaja u Bosni i Hercegovini • Banka ulaže u kulturu i kulturno nasljeđe
- NLB Banka pomaže privredi izvan okvira bankarstva, #OkvirPomoći;
- Banka donira ljudima koji su u društveno nepovoljnom položaju.“¹¹

Finansijski aspekt razvoja modela „zelene“ ekonomije je odlučujući, jer njegova implementacija zahtjeva značajna ulaganja. Danas je ESG agenda rasprostranjenija u razvijenim državama svijeta. Bosna i Hercegovina kao i čitav region Zapadnog Balkana, je u početnoj fazi implementiranja ESG principa, ali se može primijetiti pozitivna dinamika u primjeni principa ESG od strane kompanija u svojim poslovnim aktivnostima.

Kompanije koje se pridržavaju ESG principa imaju pravo da kod banaka koje takođe ulažu značajne napore u pogledu implementacije ESG principa, dobiju „zeleni“ kredit, da posredstvom istih izdaju zelene obveznice, osim toga, mogu očekivati podršku države ukoliko emituju zelene obveznice, obezbjeđujući, na primjer, povlašćeno oporezivanje. Ako uzmemo u obzir institucionalnu strukturu tržišta zelenih finansija, najpopularniji zeleni finansijski instrumenti su „zelene“ obveznice, „zeleni“ kredit, koji uključuje „zelene“ kredite za automobile i „zelene“ hipoteke, ekološko osiguranje i „zeleni“ crowdfunding.

4. Diskusija s preporukama

Nema sumnje, uzimajući sve što je naprijed izneseno, da područje istraživanja posvećeno problematiki korištenja „zelenih“ finansijskih instrumenata treba uzeti u obzir sljedeće preporuke

1. imajući u vidu otežane uslove privređivanja na svjetskom nivou, komplikovanu geopolitičku situaciju, kompanije ne mogu računati na značajniju budžetsku podršku države naspram implementacije principa PRI, što zahtjeva povećana ulaganja, odnosno povećanje uloge biznisa (kroz ESG agendu) u „ozelenjavanje“ privrede. Država bi trebala da stvori povoljne uslove bez direktnog finansijskog učešća. Osnovne troškove trebalo bi da preuzmu prije svega velike kompanije uz posredovanje zainteresovanih banaka, ali se mogu svakako uključiti i mala i srednja preduzeća, posebno eko preduzetnici.
2. kada je u pitanju oporezivanje, potrebno je precizirati parametre fiskalne politike koji se tiču zaštite životne sredine i klimatske tranzicije (procjeniti izvodljivost uvođenja poreza na ugljen-dioksid). Jedan značajan broj teoretičara koji prate problematiku održivog razvoja se slaže da je moguće razviti instrument „zelenog“ finansiranja implementacijom mehanizama za promociju bezbjednosti životne sredine i uvođenje inovativnih tehnologija radi uštede prirodnih resursa.
3. trebalo bi učiniti transparentnim i otvorenim rezultate realizacije (lokalnih) programa i nacionalnih projekata u oblasti ekologije i racionalnog korišćenja prirodnih resursa, uključujući finansijske efekte.
4. omogućiti povoljne uslove za aktivniju primjenu „zelenog“ bankarstva, odnosno instrumenata kao što su „zeleni“ krediti, „zelene“ hipoteke, „zeleni“ auto krediti i dr., „zeleni“ depoziti, kao i unapređenja „zelenog“ crowdfunding-a.

¹¹ Ibidem



5. Zaključak

Održivi razvoj ekonomije podrazumijeva otklon od intenzivnih industrija i emisije gasova prema „zelenim“ tehnologijama i novom „zelenom“ modelu rasta i razvoja. U ovom modelu centralnu ulogu zauzima finansijski sektor - „zeleno“ finansiranje, odnosno „zeleni“ finansijski instrumenti. U kontekstu ovakve konstelacije, „zeleno“ finansiranje je pozitivan iskorak od ekonomije ka održivosti. Iz sadržaja je uočljivo da ovaj koncept kombinuje finansije, poslovanje i ekološko ponašanje. Tačnije, prostor između finansijskog sektora, životne sredine i ekonomskog rasta i razvoja usmjerava poslovanje finansijskih institucija u pravcu kreiranja „zelenih“ proizvoda i usluga. U zavisnosti od učesnika, „zelene“ finansije mogu imati karakter finansijskih podsticaja, želje da se sačuva planeta ili njihova kombinacija. U odnosu na „staromodne“ finansijske aktivnosti, „zelene“ finansije više naglašavaju koristi od ekološke zaštite i pridaju više pažnje zaštiti životne sredine.

Za razliku od klasičnih finansijskih instrumenata, „zeleni“ finansijski instrumenti služe za finansiranje određene „zelene“ investicije i nije dodatni rizik za investitora. Među njima, što je uočljivo i u tekstu ovog rada, „zelene“ obveznice mogu poslužiti kao svojevrsni eksperiment, radi utvrđivanja da tržišta kapitala mogu da budu izvor finansiranja inicijativa za rješavanje i problema klimatskih promjena. Ključna stvar jeste da se investitorima „zelene“ obveznice ponude kao proizvod koji zadovoljava njihove ciljeve u pogledu povrata na investicije, sa uračunatim rizikom, kao i da se podrži finansiranje projekata kojima se smanjuje emisija gasova sa efektom staklene bašte, odnosno pomaže državama i njihovim privredama da se pravovremeno adaptiraju na nadolazeće klimatske promjene.

6. Literatura

Pisani izvori:

1. Андреева О.В., Чернобай О.С., Сони́на А.О. (2023), «Зеленые» финансы для устойчивого развития: новые вызовы современного этапа // Управленческий учет. 2023. № 2. С. 393–398. DOI: 10.25806/uu22023393-398,
2. Nikolaev, A. (2022): Održivost i zeleno bankarstvo, Publikacija: Godišnjak Pravnog Fakulteta u Sarajevu, 2022, Vol 65, p133, ISSN 0581-7471
3. Direktiva o odgovornosti za životnu sredinu (The Environmental Liability Directive 2004/35/EC)

Internet izvori:

<https://www.nlb-rs.ba/nlb-zeleni-kredit/> (april,2024.)

<https://idop.hr/zeleno-obveznice-sto-predstavljaju/> (april,2024)

<https://www.sustainalytics.com/esg-rating/nova-ljubljanska-banka-d-d/1009981019> (april,2024)

<https://www.profitiraj.ba/nlb-banka-dobila-visoku-esg-ocjenu-za-odrzivo-poslovanje/> (april,2024)

<https://odrivahrvatska.hr/kratki-vodic-znate-li-koja-su-to-tri-stupa-odrzivosti-32264/> (april,2024)

https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/eu-budget/performance-and-reporting/horizontal-priorities/green-budgeting_en (april, 2024).

https://www.youtube.com/watch?v=gIT_ZeI4AS0&ab_channel=MrTsingo

BUDUĆNOST SOLARNE ENERGIJE NA ENERGETSKIM TRŽIŠTIMA THE FUTURE OF SOLAR ENERGY IN THE ENERGY MARKETS

Dr Milomir Čodo

Dr Ratomir Antonović

UDK: 621.311.243:339.13

DOI: 10.7251/AKPR2401053C

Sažetak: Klasični izvori energije su, u vremenu enormne eksploatacije, postali sve deficitarniji i sve su aktuelnije teme kako i na koji način pronaći alternativne izvore energije, koji su podobni da zamene postojeće, a sve u cilju zadovoljenja velikih potreba potrošačkog društva. Sa druge strane, potrebe ekološke zaštite životne sredine i zdravog životnog okruženja, nalažu takođe potrebu za alternativom pri iznalaženju i upotrebi novih energetske potencijala. Savremene države, sa savremenom tehnologijom i tendencijama, okreću se pretežno onim izvorima, koji se nalaze u prirodi i prirodnom okruženju, te se danas može govoriti o sve većoj zastupljenosti solarne energije, kao dobrog alternativnog izvora.

Koautori se u radu posebno bave kvalitetom solarne energije, kao izuzetno značajnog obnovljivog izvora energije. Kako se javljaju značajne klimatske promene, naš region dobija sve više sunčanih dana i sati. Upravo, odatle se postiže veća optimalnost ka eksploataciji solarne energije koja počenju zauzimati prvo mesto na tržištu alternativnih energetske izvora.

Ključne reči: Sunce, energija, paneli, elektrodistributivni sistem.

Abstract: In the time of enormous exploitation, the classic energy sources have become increasingly deficient and more and more current topics about how and in what way to find alternative sources of energy, which are similar to replace the existing ones, in order to meet the great needs of the consumer society. On the other hand, the needs of environmental protection and a healthy living environment also require the need for an alternative in finding and using new energy potentials. Modern countries, with modern technology and tendencies, turn mainly from those sources, which are in the nature and natural environment, and today we can speak of the increasing presence of solar energy as a good alternative source.

In the paper, the co-authors specifically deal with the quality of solar energy, as an extremely important renewable energy source. As significant climate changes occur, our region is getting more and more sunny days and hours. Precisely, from there, greater optimality is achieved towards the exploitation of solar energy, which is beginning to occupy the first place on the market of alternative energy sources.

Keywords: sun, energy, panels, power distribution system.



Uvod

Pod energijom se podrazumeva impuls i određena snaga koja pokreće pojedine prirodne ili društvene procese. Za sve značajne i manje značajne procese u društvu, potrebno je postojanje energije radi njihovog pokretanja. Energija se može definisati kao sposobnost vršenja rada. Način iskorišćavanja energije zavisi od stupnja ekonomske i civilizacijske razvijenosti. Razvojem civilizacije, dolazilo je i do unapređenja energetske eksploatacije, počev od primitivnih oblika energije, do energije savremenog doba (Smith, 1998: 208).

Energiju, na osnovu različitih kriterijuma, možemo da razvrstavamo na različite vrste. Ukoliko ona potiče od rada ljudi, stvara se ljudska ili radna energija, koja je produkt fizičkog ili umnog zalaganja ljudi. Ukoliko energiju proizvode životinje svojom snagom, onda se govori o životinjskoj energiji, koja je produkt sirove snage životinja. Ovde se prevashodno misli na domaće životinje, koje služe za rad u poljoprivredi, ili se koriste kao prevozna sredstva. Ove dve vrste energije su najstarije i postoje od kako postoji čovečanstvo. Čovek je najpre crpeo svoju energiju, a pripitomljavanjem životinja i njihovim uzgojem, do izražaja dolazi životinjska energija. Razvojem civilizacije i tehnologije, nastaju savremeni oblici energije, kao što su električna, toplotna, hemijska, nuklearna, svetlosna i dr. Kod prva dva vida energije, izvori su jasni i oni se nalaze u ljudskoj, odnosno životinjskoj snazi. Kod savremenih oblika energije, izvori su fosilna goriva. Fosilna goriva se ubrajaju u neobnovljive izvore energije, a među najzastupljenijima su nafta, uglj i plin. S obzirom na činjenicu da su ovo neobnovljivi izvori energije, oni se svojom eksploatacijom crpe, te danas imaju karakter deficitarnih, dok je skoro izvesno da će ih u budućnosti biti sve manje. Nasuprot neobnovljivim, stoje obnovljivi izvori energije, koji se nalaze u prirodi i koji su u enograničenoj meri dostupni čovečanstvu. Obnovljivi izvori energije nastaju usled strujanja vetra, iz Sunčeve energije, iz vode, vodenih talasa i oni stvaraju energiju koja može biti zdravija i bolja alternativa energiji nastaloj iz neobnovljivih izvora. U alternativne energije se ubrajaju solarna, hidrogena, biomasa i geotermalna.

1. Pojam solarne energije

Solarna energija je energija koja nastaje iz Sunca. Ona se manifestuje kroz svetlost i toplotu, koje su prisutne u periodu dana, kad je Sunčeva aktivnost intenzivna. Sunce je zvezda, u čijem jezgru se, poput fuzionog reaktora, dešava nuklearna fuzija. To je proces u kom se, u svakom trenutku, oko tri tone mase, pretvara u energiju zračenja, koja se emituje u okolinu. Na ovaj način, dolazi do pretvaranja vodonika u helijum. S obzirom na udaljenost Sunca i Zemlje, Sunčeva energija do Zemlje dospeva u srazmeri 117 prema 10 mega vata, što na godišnjem nivou iznosi oko 10 tetraovat časova. Ovo Sunčevo zračenje se naziva ekstraterestično iz razloga što se radi o zračenju van zemljinog ozonskog omotača (Đajić, 2002: 83).

Solarna energija se može vrlo efikasno upotrebljavati i koristiti za potrebe čovečanstva. Visoka energetska vrednost Sunčeve energije omogućuje da se ona transformiše i usmeri ka potrošnji, koja može biti individualna, za potrebe domaćinstva, kao i za masovnu potrebu. Sunčeva energija može biti usmerena ka elektro sistemu i sistemu električne distribucije, potom u potrebe grejanja i to kako objekata, tako i vode.

Solarne termalne elektrane su izvori električne energije, nastale iz Sunčeve delatnosti. Solarne termalne elektrane nemaju apsolutno nikakve štetne produkte kao nus pojave u procesu proizvodnje električne energije i karakteriše ih dobra efikasnost. Ako se pri tom u obzir uzme činjenica kolika je količina Sunčeve energije koja dopire do Zemlje, izgradnjom solarnih termalnih elektrana bi se mogao veliki broj krajnjih korisnika snabdevati električnom energijom. Solarne termalne elektrane moraju raspolagati koncentratorima Sunčevih zraka, kako bi se mogle adekvatno prilagođavati pomeranjima Sunca, te kako bi Sunčevi zraci uvek, pod adekvatnim uglom, mogli da padaju na ogledala. Mana ovih postrojenja jeste njihova skupoća prilikom izgradnje i adekvatne upotrebe i to upra-



vo zbog pomenutih koncentrata i drugih pratećih tehničkih sredstava, bez kojih solarne termalne elektrane ne bi mogle da daju željene efekte. Elementi jedne solarne termalne elektrane su ogledala i rezervoari fluida, koji zagrejan prolazi kroz turbine i toplotne motore. Solarne termalne elektrane se, prema svojim strukturama mogu podeliti na parabolične kolektore, solarne tornjeve, solarne tanjire, fresnel kolektore i solarne potisne elektrane.

Parabolični kolektori su zapravo dugi nizovi paraboličnih solarnih ogledala i kolektorom koji se nalazi iza njih. Njihova efikasnost se izražava u činjenici da su njihova pomeranja, s obzirom na kretanja Sunca, potrebna samo u ortogonalnom smeru, dok kod paralelnih pomeranja to nije slučaj. Kroz bočne kolektore struje sintetičko ulje, rastopljena so i para, koji se dejstvom Sunčevih zraka zagrevaju. Njbolji su kolektori izrađeni od vakuumiranog stakla, jer se preko njega najbolje akumulira energija i vrši zagrevanje navedenih materija.

Solarni tornjevi predstavljaju specijalni vid elektrana, koje su koncipirane tako što je u centru postavljen toranj, dok su oko njega koncentrisana ogledala u većem broju. Na ovaj način se proizvode visoke temperature, koje su podesne za proizvodnju i skladištenje električne energije. Prednost solarnih tornjeva je što ne zauzimaju veliku površinu, mogu se postavljati na različitim terenima, bilo brdskim, bilo ravnim površinama, dok im je nedostatak potreba za mehanizmima rotacije oko dve ose, čime se podiže cena njihove izgradnje.

Solarni tanjiri su paraboličnog izgleda. Sunčevi zraci se od njih odbijaju u jednu tačku, odnosno kolektor, koji je postavljen iznad njih. U kolektoru se postiže vrlo visoka temperature, a električna energija se proizvodi parnim motorom. Nedostatak solarnih tanjira je složena konstrukcija, koja je često sklona kvaru i redovnim servisiranjima, kao i potreba za mehanizmima rotacije oko dve ose, što sve podiže cenu kako izgradnje, tako i održavanja celokupnog sistema.

Fresnel reflektori se sastoje od blago zakrivljenih i skroz ravnih ogledala, postavljenih u više dugih nizova. Ogledala su tako koncentrisana da ciljaju u kolektore, te da u zavisnosti od doba dana, proizvode veću količinu energije. Iako ovaj model elektrana još nije zaživeo i nema široku primenu, do sad je pokazao brojne prednosti, jer gusto postavljena ogledala, koja se rotiraju oko svoje ose daju veću količinu energije (Lambić, 2013: 81).

Solarne potisne elektrane se od prethodnih oblika elektrana razlikuju usled činjenice da u njihovom sastavu nema ogledala, već imaju velike zastakljene površine, koje se nalaze iznad površine u čijem središtu se nalazi toranj. Dejstvom Sunca i stakla, dolazi do zagrevanja vazduha, koji struji ka tornju, čime se pokreću turbine. Prednost solarne potisne elektrane je u ekonomičnosti njene izgradnje, dok su nedostaci neefikasnost u proizvodnji električne energije usled izrazito velikih dimenzija. Prototip ovakve elektrane je bio sagrađen 1982. godine, ali je nakon sedam godina bio deaktiviran, usled problema sa cirkulacijom toplog vazduha i stvaranjem energije.

Vrlo važno pitanje kod solarnih elektrana je način i mehanizam skladištenja proizvedene energije. Sastavni deo svake solarne elektrane jeste pogon za skladištenje električne energije, koji zapravo čuva toplotnu energiju i konvertuje je u materijal velike energetske gustine. Kao takav materijal se obično koristi rastopljena so, čiji gradivni element, natrijum metal ima veliku gustinu (Tomić, 2012: 38).

2. Načini iskorišćavanja solarne energije

Sve je veći broj individualnih potrošača koji se opredeljuju za obnovljive izvore energije, umesto tradicionalne električne energije. Razlog za okretanje alternativni su finansijski razlozi, jer se u instalaciju solarnih uređaja investira samo u trenutku postavljanja, dok je kasnija eksploatacija akumulirane energije besplatna. Ako se u obzir uzmu primeri Grčke i Makedonije, jasno se vidi da je solarne energije više nego zastupljena, te da skoro svaka kuća na krovu ima makar jedno solarno ogledalo ili solarni bojler. Klimatski preduslovi u ovim zemljama su vrlo povoljni jer tokom jedne godine ima dosta sunčanih dana, te se Sunčeva energija može koristiti u velikim količinama.



Za potrebe domaćinstva se pretežno upotrebljavaju samostalni fotonaponski solarni sistemi. Kod njih se pretvaranje solarne u električnu energiju vrši pomoću dvoslojnih silicijumskih elemenata, od kojih jedan sloj ima višak, dok drugi sloj ima manjak elektrona. Sunčevim zracima je izložen sloj koji ima više elektrona, kojima kvanti Sunčevog zračenja predaju energiju i stvaraju uslove za proticanje električne energije (Despotović, 2013: 20). Fotonaponski sistemi predstavljaju integrisan skup fotonaponskih ćelija (FN), modula i ostalih komponenti, projektovan tako da primarnu Sunčevu energiju pretvara u električnu energiju kojom se osigurava rad određenog broja jednosmernih i/ili naimeničnih potrošača. Zavisno od načina rada, postoje više vrste FN sistema:

1. samostalni (autonomni), za čiji rad mreža nije potrebna
2. mrežni, spojeni na električnu mrežu:
3. pasivni, kod kojih mreža služi (samo) kao dodatni izvor
4. aktivni (interaktivni), kod kojih mreža može pokrивati deficite, ali i preuzimati viškove električne energije iz FN modula
5. hibridni, koji su zapravo samostalni povezani s drugim (obnovljivim) izvorima.

Samostalni (autonomni) sistemi za svoj rad ne zahtevaju priključak na električnu mrežu. Kada kod njihove primene električnu energiju treba isporučivati tokom noći ili u razdobljima s malim intenzitetom Sunčevog zračenja neophodan je akumulator (baterija). Tom sklopu mora se dodati regulator za kontrolisano punjenje i pražnjenje baterije, a dodavanjem DC-AC pretvarača ($=12 \text{ V} / (230 \text{ V})$) autonomni sistemi mogu zadovoljiti i sve vrste tipičnih mrežnih potrošača, kao što su grejalice, hladnjaci, pumpe, hidroforni, motori, televizori, radioaparati, računari, usisavači, mali kućni aparati i drugi potrošači. Takvi sustemi su pogodni za osiguravanje potrebnih količina električne energije za udaljene (izolovane) potrošače kao što su ruralna (izolovana) ili vikend-naselja pa za brojne pojedinačne objekte različitih namena (npr. razne vrste signalizacija i upozorenja, rasvetu, telekomunikacione releje, sisteme nadgledanja itd) (Marjanović i dr, 2018: 391).

Hibridni FN sistemi nastaju povezivanjem samostalnih (*obično većih*) s drugim alternativnim (*obnovljivim*) izvorima električne energije, kao što su vetroturbine, hidrogeneratori, pomoćni plinski ili dizel agregati. Takva rešenja daju veću sigurnost i raspoloživost isporuke električne energije pa omogućavaju manje kapacitete akumulatora. Kod rešenja koja koriste plinske i dizel agregate sistemi se dimenzionišu tako da se agregati koriste malo sati u godini čime se štedi gorivo, smanjuju troškovi održavanja i produžava vek trajanja.

Pasivni mrežni FN sistemi električnu mrežu koriste uslovno, u razdobljima kada FN moduli ne mogu proizvesti dovoljne količine električne energije, na primer noću kada su istovremeno akumulatori električne energije prazni.

Aktivni, odnosno interaktivni mrežni FN sistemi mrežu koriste interaktivno, uzimajući energiju u slučaju većih potreba ili je vraćaju u slučaju viškova električne energije proizvedene u FN modulima (Vilček, 2012: 15).

3. Solarna energija i energija iz obnovljivih izvora u region

Koristeći svoje prirodne potencijale u upotrebi solarne energije, Republika Hrvatska ima dominantno mesto u tom segmentu. Hrvatsko priobalje je tokom većeg broja dana u godini pod dejstvom Sunčevih zraka, što ovaj potez automatski deklariše kao idealan za postavku solarnih sistema i eksploataciju Sunčeve energije. Međutim, uprkos ovim prirodnim prerogativima, pokazatelji iz 2013. godine ukazuju na činjenicu da Republika Hrvatska ne eksploatiše solarnu energiju na adekvatan način. Ova država se daleko više oslanja na potencijal vetra, na šta ukazuje činjenica da iz vetrogeneratora, na godišnjem nivou bude proizvedeno 254.3 MW, a iz solarnih fotonaponskih postrojenja svega 19.5 MW. Osim u svrhu elektro snabdevanja, solarna energija se u ovoj državi takođe može upotrebljavati i za



svrhe toplotnog snabdevanja. S obzirom na dobar geografski položaj i vrlo razvijen turizam, postoje intencije povezivanja turizma i izgradnje solarnih sistema. Kao dobar primer ove veze je umetnička skulptura u Zadru, pod nazivom "Pozdrav Suncu", koja je sačinjena od solarnih ogledala. Ovo delo je autorski rad arhitekta Nikole Bašića, a sastoji se od više od tri stotine višeslojnih solarnih ogledala (ploča), postavljenih u kružnom obliku razmera 22 metra, tačno uz morsku rivu. Po zalasku Sunca, iz akumulirane energije se uključuju svetla iz središta ovog kruga, koja izazivaju vrlo zanimljive i intenzivne svetslosne efekte (Peričić, 2015: 224).

Međutim, uprkos lošijoj zastupljenosti solarne energije, pohvalno je da se Republika Hrvatska okrenula proizvodnji energije iz obnovljivih izvora, te statistika ukazuje da je iz Sunčeve energije tokom 2013. godine ukupno proizvedeno 19.5 MW, energije vetra 254.3 MW, biomase 23.6 MW, hidroelektrane 32.96 MW i geotermalni izvori 0 MW. Dakle, iz ovih podataka jasno sledi da solarna energija zauzima poslednje mesto u učešću u energiji proizvedenoj iz obnovljivih izvora energije, ali uprkos tome, pohvalna je činjenica da je ova država u regionu shvatila značaj i potrebu upotrebe energije iz obnovljivih izvora. Tendencije i očekivanja, po pitanju korišćenja energije iz obnovljivih izvora za naredni period su vrlo optimistične. Tokom 2020. godine, oko 660 hiljada Hrvata koristiti energiju dobijenu od Sunca, a predviđa se da će do 2030. godine njih 1.653,017.

Prva solarna elektrana u Republici Hrvatskoj je sagrađena na Visu. Fabrika "Končar" je počela sa proizvodnjom neophodne opreme za solarna postrojenja, kao što su priključci za elektroenergetski sistem, razvodni ormani, transformatorske stanice, pretvarače, fotonaponske module, kablove, konstrukcije i i drugu neophodnu opremu.

U Republici Srbiji se o primeni energije iz obnovljivih izvora aktivno počelo razmišljati tokom donošenja Zakona o energetici, koji je stupio na snagu 2004. godine. Tim Zakonom su predviđene prve podsticajne mere za korišćenje energije iz obnovljivih izvora. Kasnije donesenom Strategijom razvoja energetike, jedan od prioriteta srpske energetike je bilo postavljanje i veća eksploatacija obnovljivih izvora energije, a prevashodno u cilju unapređenja zaštite životne sredine, kao i racionalnijeg korišćenja prirodnih resursa.

Uredbom o uslovima za sticanje statusa povlašćenog proizvođača električne energije iz obnovljivih izvora i Uredbom o uvođenju garantovane otkupne cene (fid-in tarife), vrši se dodatno podsticanje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora energije, jer se proizvođačima garantuje otkup energije na vremenski period od dvanaest godina. Fid-in tarife su garantovale proizvođačima otkupne cene za energiju, proizvedenu iz obnovljivih izvora, a posebno se podstiče proizvodnja energije iz kapaciteta vetra i Sunca.

Vlada Republike Srbije je 24. januara 2013. godine donela novu Uredbu o podsticajnim cenama za otkup struje iz obnovljivih izvora energije, kao i Uredbu o uslovima i postupku sticanja statusa povlašćenog proizvođača električne energije. Ono što je novina, koju su ove uredbe donele, jeste usklađivanje fid-in tarifa sa iznosom inflacije u evro zoni. Rok trajanja je takođe iznosio dvanaest godina. Takođe, novom uredbom su smanjene otkupne cene za struju koja je proizvedena u vetru – elektranama sa 9,5 na 9,2 i povećana je kvota za otkup sa 450 na 500 megavata. Cena za otkup struje iz solarnih elektrana će se kretati od 16,25 evrocenti na zemlji, do 20,66 evrocenti na objektu, što će zavisiti od snage same elektrane, a što takođe predstavlja smanjenje prethodno definisane cene, koja je iznosila 23 evrocenta po kilovat satu. Za struju proizvedenu u malim hidroelektranama garantovana cena po kilovat satu je iznosila od 7,8 do 9,7 evrocenti. Za struju dobijenu iz kanizacionog i deponijskog gasa, cena je bila 6,7 evrocenti po kilovat satu. Struja koja se dobijala iz geotermalne energije je bila otkupljivana po ceni od 7,5 evrocenti, a ona koja je bila proizvedena kombinacijom električne i toplotne energije od 7,6 do 10,4 evrocenta. Za energiju proizvedenu u elektranama na otpad, otkupna cena je iznosila od 8,5 do 9,2 evrocenta.

Jula meseca 2011. godine, usvojen je još uvek važeći Zakon o energetici. Njegova osnovna karakteristika je donošenje podsticajnih mera za investiranje u obnovljive izvore energije kroz pojednostavljene



nje procedura za ulaganje i uvođenje posebne kategorije povlašćenih proizvođača energije iz biomase, vode, vetra, solarne i geotermalne energije. U oblasti proizvodnje energije iz vetra i Sunca se uvodi privremeni status povlašćenog proizvođača, u trajanju od tri godine, uz mogućnost produžetka od jedne godine. Da bi se stekao status privremenog povlašćenog proizvođača, neophodne su energetska i građevinska dozvola, kao i bankarske garancije u iznosu od 2% vrednosti celog projekta. Sredstva za otkup proizvedene struje od povlašćenih proizvođača se obezbeđuju od krajnjih kupaca i to kroz plaćanje posebne naknade za podsticaj, koja se plaća kroz račun za utrošenu električnu energiju na mesečnom nivou. Zakonom o energetici se uvodi i garancija porekla električne i toplotne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije, koja se izdaje proizvođačima, u cilju omogućavanja izvoza proizvedene energije. Garancije će se izdavati na vremenski period od jedne godine (Antonović i dr, 2017: 30).

Kad se govori o obnovljivim izvorima energije, Bosna i Hercegovina takođe ima dobre prirodne potencijale da eksploatiše solarnu energiju za individualnu i kolektivnu potrebu. Kad se analizira mogućnost udela solarne energije u ukupnoj upotrebi energije iz obnovljivih izvora, projekcije su da se on podigne na 33 MW do 2030. godine. Premda su BiH i njeni entiteti doneli niz zakona u kojima se uvažava i predviđa korišćenje obnovljivih izvora – biomase, hidro-potencijala, energije vetra i solarne energije, u praksi su značajniji rezultati postignuti samo u korištenju hidroenergije iz malih hidrocentrala. U FBiH postoji zakonska obaveza elektroprivreda da otkupljuju električnu energiju proizvedenu u mini hidrocentralama odnosno iz obnovljivih izvora. U toku je izgradnja i investiranje u 200 malih hidrocentrala. Izgradnja malih hidrocentrala je najekonomičnija i samim tim, najjednostavnija, tako da se očekuje dalji razvoj u ovoj oblasti. Inače, tehnički hidro-potencijal reka, iznosi 23.395 GWh godišnje. No, sadašnji stepen iskorištenja hidro-potencijala je samo 40% raspoloživih kapaciteta (Martinić i dr, 2010: 227). Dakle, evidentno je da BiH slabo ili nedovoljno koristi solarne kapacitete, iako ima uslove za izgradnju solarnih elektrana i to naročito na podneblju Semberije i delova koji gravitiraju Jadranskom moru, u kojima na godišnjem nivou ima oko 2.300 sunčanih sati. Od iskorištenih potencijala iz obnovljivih izvora u BiH najviše su prisutni vodeni tokovi i sunčeva energija za generisanje električne energije, te biomasa za proizvodnju konvencionalnih oblika biomase poput ogrevnog drveta, ali u zadnje vreme i finih oblika kao što su pelet, briket i drvena sečka, koji služe za grejanje ili proizvodnju toplotne energije. Pored toga, sve više pažnje se pridaje geotermalnoj energiji ili energiji okoline za grejanje i/ili hlađenje. Činjenica, primera radi, da su potencijali hidroenergije iskorišćeni do 40%, jasno govori o potencijalima koja BiH ima, kako na malim rekama, tako i na velikom tokovima poput Drine, Bosne, Vrbasa, itd. Ti iskoristivi kapaciteti se ogledaju u nekoliko GW, pa bi tako sa sadašnjih oko 2,2 GW instaliranog kapaciteta u hidru, BiH mogla popeti i na 3 GW uz iskorišćavanje tehnički iskoristivnog, ekonomski opravdanog i okolinsko prihvatljivog. Poštivanjem svih aspekata takvi kapaciteti bi se mogli kapitalizovati.

Napredak u izgradnji postrojenja za generisanje električne energije iz obnovljivih izvora energije je vidljiv, ponajviše uspostavljenom sistemu podsticaja, tzv. feed in tariffe – FiT, pa tako trenutno u BiH je izgrađeno i spojeno na mreže 238 postrojenja ukupne instalirane snage od 106,7 MW od čega prednjači hidro sa 84% instaliranog kapaciteta, zatim solarna energija sa 14%, biogas 0,9%, biomasa 0,2%, vetar 0,3%, te ostala postrojenja sa 0,4%. Pored toga, u FBiH postoji i radi elektrana na čvrstu biomasu instaliranog kapaciteta 8,1 MWel u sklopu industrijskog postrojenja koja nije u sistemu podsticaja (Harbaš, 2017: detaljnije na: balkangreenenergynews.com/rs/obnovljivi-izvori-energije-u-bih-pitanje-neodrzivosti/).

Crna Gora je usvojila Nacionalni plan korišćenja energije iz obnovljivih izvora do 2020. godine. Planom je sačinjena prijevika koliko solarna energija, po godinama za koje plan važi, može da ima udela, sa posebnim osvrtom na efekte koje ova vrsta energije može imati na crnogorski turizam. Projekat "Solarna energija u sektoru turizma u Crnoj Gori" je projekat koji istražuje na koji način upotreba solarne energije i nove tehnologije, mogu doprineti podizanju efikasnosti crnogorskog turizma i minimizirati eventualne troškove vezane za eksploataciju energije u turističkim objektima. Na osnovu



raspoloživih kapaciteta hotelskog sektora - broj hotela i sličnih smeštaja je 266, sa 26.907 ležaja samo u hotelima, i može se predvideti da je prosečna potreba za energijom za pripremu tople vode u hotelskom sektoru 50,6 GWh godišnje. Ukoliko se od ove ukupne potrebe energije za STV 70% obezbijedi solarnim kolektorima, godišnje bi se proizvelo oko 35,4 GWh/god toplotne energije koja bi najvećim delom smanjila energetske deficit i zamenila potrošnju električne energije, a delom i potrošnju lož ulja koji se koristi za zagrevanje sanitarne vode i omogućila smanjenje emisija ugljen-dioksida za 0,2 miliona tona godišnje. S obzirom da je cena električne energije i lož ulja na nivou zapadnog Balkana prosečno oko 0.11€/KWh, i da će ona rasti brže od cena opreme za ugradnju sistema solarne energije, u budućnosti će ugradnja ovih sistema biti isplativija nego što je to danas. Zbog navedenog, potrebno je pomoći potencijalno zainteresovanim vlasnicima hotela da se odluče za ovo ulaganje, kroz brojne finansijske, zakonske i fiskalne instrumente (Vujošević i dr, 2011: 50).

4. Solarna energije i zaštita životne sredine

Živimo u vremenu velike zagađenosti životne sredine. Efekti staklene bašte, koji su izazvani velikim i intenzivnim emisijama štetnih gasova, dima, čađi i ostalih izduvnih i čestica sagorevanja, doprinose klimatskim promenama. Klimatske promene imaju razorni karakter, jer se javljaju vremenske nepogode ogromnih razmera, koje nanose veliku materijalnu štetu i seju ljudske žrtve. To sve jasno govori da se odnos čoveka prema prirodi mora iz fundamenta promeniti, te da se nihilizam ljudi prema prirodi mora zameniti brižnijim i savesnijim postupanjem.

Samo zagađenje životne sredine se može odrediti kao promena fizičkih, hemijskih i bioloških svojstava životne sredine, koje nepovoljno deluju po živi svet i ekosistem. Određena materija, koja se pojavi na određenom mestu i u određenom vremenu, u nedozvoljenim količinama je podobna da kontaminira okolinu i da stvara zagađenje. Najpodložniji zagađenju su voda, vazduh, zemljište i biosfera. Upotreba fosilnih goriva u savremenim uslovima, pospešuje zagađenje životne sredine. Termoelektrana snage 1000MW troši godišnje oko 2,5 miliona tona kamenog uglja. Ugalj se melje u specijalnim mlinovima u sitnu prašinu koja se uduvava s vrućim vazduhom u ložište kotla. Najveći deo centrala kao gorivo koriste kameni ugalj, mrki ugalj, lignit, naftne derivate, zemni i koksni gas, pa i drvo. Samo pri sagorevanju 1 tone kamenog uglja izdvaja se 34kg SO₂ i 10kg prašine koja se sastoji iz SiO₂, C₂O, oksida Fe, Mg, Na, K, V i Ti kao i urana. Dobri elektrofilteri mogu da ulove oko 99% čestica, ali najsitnije prolaze, stvarajući oblake u atmosferi i talog u okolini opasan po zdravlje ljudi. Leteći pepeo sa česticama od samo nekoliko mikrona sastoji se od SiO₂ i CaO u našim termoelektrama od 60-75%. Iz toga se može zaključiti da postoje uslovi za oboljenja na bazi silikoze i upale sluzokože kao i od raka pluća. Prašina koja se taloži u užem i širem regionu termoelektrane po poljima i baštama zagađuje povrće koje postaje neupotrebljivo za ishranu. Gasovi kao SO₂, SO₂ i azotni oksidi utiču na pojavu kiselih kiša i efekta staklene bašte. Po obavljenom sagorevanju u kotlovima termoelektrana, dimni gasovi se prečišćavaju od čestica letećeg pepela na elektrofilterima. Izdvojeni pepeo se hidraulički transportuje na otvorena odlagališta deponije pepela. Zbog velikih količina pepela javljaju se problemi njihovog sakupljanja, evakuacije kao i čuvanje na deponijama. Deponije pepela mogu da utiču na zagađivanje voda, vazduha i zemljišta. Način i intezitet uticaja zavise od tehnologije i odlaganja pepela, karakteristika tla gde se vrši odlaganje, kao i od fizičkih i hemijskih osobina odloženog pepela. Deponije pepela se obično nalaze u blizini naselja i obradivih površina što znatno povećava potrebu za zaštitom od raznošenja (Aksentijević i dr, 2006: 52).

Uprkos brojnim bezbednosno – tehnološkim procesima, koji su za cilj imali smanjenje zagađenja životne sredine iz ovih proizvodnih delatnosti, željeni efekti se nisu postigli. Zagađenja su sve intenzivnije, a posledice sve uočljivije. Stoga se probudila svest o potrebi korišćenja energije iz obnovljivih izvora, a takva energija je ujedno nazvana čistom, jer nema pratećih štetnih pojava i eventualnih posledica po životnu sredinu. Pored zagađenja, koje predstavlja problem broj jedan, javlja se i problem deficita fosilnih goriva, koja se, usled permanentnog eksploatisanja, crpe i nestaju. Zato ne treba da



čudi što cena nafte na svetskom tržištu ima tendenciju rasta, kao i drugih energenata, koji su preklom fosilni. Za razliku od njih, obnovljivi izvori energije su nam stalno dostupni, imaju karakter prirodnog obnavljanja i ne stvaraju nikakvu prateću štetnu pojavu. Kao problem pri upotrebi energije iz obnovljivih izvora, između ostalog i solarne energije se može navesti skupoća instalacije i njene postavke radi upotrebe, kao i pitanje rentabilnosti. Međutim, ako se u obzir uzme činjenica da su troškovi prisutni samo pri instalaciji postrojenja, a da se potom duži niz godina akumulirana energija besplatno koristi i crpi, jasan je odgovor na pitanje o njenoj rentabilnosti.

Sa aspekta zaštite životne sredine, upotreba solarne energije, kao obnovljivog izvora, ima neprocenjiv značaj. Sa druge strane, kapaciteti solarne energije u regionu su apsolutno zadovoljavajući i dovoljni da ostvare potrebe, kako individualnih potrošača, tako i da olakšaju turizmu i drugim vitalnim granama.

Zaključak

Sunce, pored toga što je izvor života na planeti Zemlji, može biti sasvim dobar energetske potencijal. Ono nam šalje svakodnevno veliku količinu energije, koju čovečanstvo do skoro nije koristilo na adekvatan način. Pravim odnosom prema Suncu i njegovoj energiji, ljudi bi imali višestruke koristi, a pored materijalne dobiti, radili bi i na zaštiti životne sredine.

Solarni sistemi i elektrane predstavljaju tehničko – tehnološki napredak i izum koji će ovaj vek učiniti energetske efikasnijim. Nacionalne privrede imaju imperativni zadatak da rade na pospešivanju izgradnje solarnih kapaciteta i maksimalnom iskorišćenju solarne energije, koja bi trebala biti integrisana sa ukupnim elektroenergetskim kapacitetima. Time elektroisnabdevanja ne bi zavisila isključivo od energije proizvedene iz neobnovljivih izvora, već bi imala i deo koji bi bio obezbeđen iz alternativnih i obnovljivih izvora.

Zemlje u regionu su vrlo savesno i studiozno pristupile razmatranju korišćenja i upotrebe energije iz obnovljivih izvora, sa posebnim akcentom na solarnu energiju. Pored solarne, koja ne spada u rang najzastupljenijih alternativnih izvora, vetropotencijal je više eksploatisan. Razlog za okretanje vetru i Suncu treba tražiti u činjenici da region Balkana spada u južnu evropsku zonu, u kojoj ima veliki broj sunčanih sati. Većina balkanskih zemalja je mediteranskog tipa, sa blagom klimom i velikim brojem sunčanih dana u godini, što je prirodni preduslov za eksploataciju Sunčeve energije. Problem u većoj zastupljenosti ove vrste energije leži u činjenici da je izgradnja solarnih elektrana dosta skupa i da su velika investiciona ulaganja u njih. Takođe, zemlje Balkana sve, u većoj ili manjoj meri, prolaze kroz ekonomsku recesiju, te nema mnogo mesta za ulaganja u nova postrojenja i kupovinu novih tehnologija. No, uprkos tim činjenicama koje se bave troškovima pri izgradnji solarnih elektrana, ne treba zanemarivati benefite koje oni daju, što na polju energetike, što na polju zaštite životne sredine.

U cilju prevazilaženja navedenih problema, Evropska unija bi trebalo da, iz svojih podsticajnih fondova, obezbedi sredstva za podsticanje izgradnje postrojenja solarnih elektrana, koja bi po povoljnim uslovima bila dostupna balkanskim zemljama. Povoljniji ili povlašćen pristup balkanske zemlje zaslužuju iz dva bitna razloga. Prvi, zato što imaju izuzetno povoljne prirodne resurse za baljenjem proizvodnje solarne energije i generalno energije iz obnovljivih izvora, a drugi, zato što su te zemlje najviše bile pogođene svetskom ekonomsom krizom i već duži niz godina, usled unutrašnjih loših ekonomskih i političkih prilika, žive u siromaštvu.



Korišćena literatura

1. Aksentijević, S; Đuričić, M; Milutinović, S. (2006) *Unapređenje sistema životne sredine zagađenje fosilnim gorivima*, Viša poslovno-tehnička škola, Užice;
2. Antonović, R; Bataveljić, D; Ilioski, D. (2017) "Korišćenje čistije energije iz obnovljivih izvora u Srbiji i regionu", *Klaster komora za zaštitu životne sredine i održivi razvoj*, Vrnjačka Banja;
3. Despotović, Ž. (2013) *Solarni generatori kao samostalni izvori električne energije*, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd;
4. Đajić, N. (2002) *Energija za održivi svet*, Rudarsko geološki fakultet, Beograd;
5. Harbaš, N. (2017) "Obnovljivi izvori u BiH – pitanje (ne)održivosti", *Balkan greens energy news* (balkangreenenergynews.com/rs/obnovljivi-izvori-energije-u-bih-pitanje-neodrzivosti/);
6. Lambić, M. (2013) *Solarne tehnologije: toplotni i fotoelektrični sistemi*, AGM knjiga, Beograd;
7. Marjanović, M; Antonović, R. (2018) "Solarna energija kao resurs na energetsom tržištu i zaštita životne sredine", *Ekologija i saobraćaj*, Internacionalni Univerzitet, Travnik;
8. Martinović, D; Ćemalović, M; Karišik, J. (2010) *Izazovi primjene obnovljivih izvora energije*, Ekonomski fakultet Univerziteta u Sarajevu;
9. Perčić, M; Franković, B. (2015) "Solarna energija u priobalnom području Republike Hrvatske – danas i sutra", *Pomorski zbornik*, posebno izdanje, Rijeka;
10. Smith, C. (1998) *The Science of Energy – a Cultural History of Energy Physics in Victorian Britain*. The University of Chicago Press;
11. Tomić, D. (2012) *Transformacija energije sunčevog zračenja u električnu*, Fakultet zaštite na radu Univerziteta u Nišu;
12. Vilček, M. (2012) *Solarna energija – fotonaponske ćelije*, Univerzitet Singidunum, Beograd;
13. Vujošević, T; Ivančević, R; Radonjić, Lj; Govedarica, N; Rajković, J. (2011) "Solarna energija u sektoru turizma u Crnoj Gori", *Crnogorski centar energetske efikasnosti*, Podgorica;

PRAMETARSKA ANALIZA ORC ZA KORIŠTENJE OTPADNE TOPLOTE IZ GASNOG MOTORA BIOPLINSKOG KOGENERACIJSKOG POSTROJENJA

PARAMETRIC ANALYSIS OF ORC FOR THE USE OF WASTE HEAT FROM THE GAS ENGINE OF BIOGAS COGENERATION PLANT

Dr Nurdin Čehajić^{1,2}

Dr Jasmin Fejzić^{1,3}

Dr Velemir Zekić¹

Rifet Džinić³, dipl. inž. maš.

¹Univerzitet Privredna akademija Brčko distrikt;

²JP EP BiH, TE Tuzla; ³TEMM Tuzla d.o.o

nurddin_cehajic@hotmail.com

UDK: 621.433:621.311.243

DOI: 10.7251/AKPR2401062C

Sažetak: U radu je dizajniran i analiziran organski Rankine-ov ciklus (ORC) za korištenje otpadne toplote iz bioplinskog kogeneracijskog postrojenja (CHP). Dizajnirani ORC u sprezi sa bioplinskim CHP čini hibridni sistem. Na ovaj način se povećava stepen efikasnosti bioplinskog CHP postrojenja kroz generisanje dodatne električne i toplotne energije u ORC. Bioplin za bioplinsko CHP je proizveden na farmi muznih krava prvenstveno iz stajnjaka anaerobnom digestijom u fermentoru. Za analizu ORC izabrani su toluen i m-ksilen radni fluidi, koji nakon obavljenog rada moraju zadovoljiti okolišne, sigurnosne i termodinamičke kriterije. Razmatran je scenarij kada ORC koristi izduvne plinove iz bioplinskog CHP temperature 440 °C i masenog protoka 0,25 kg/s. Parametarska analiza i optimizacija će obuhvatiti neto proizvedene snage, termičke i eksbergijske efikasnosti, masene protoke i toplotne snage i snage pumpi ORC za maksimalne vrijednosti pritiska i temperature radnih fluida na ulazu u turbinu, uzimajući u obzir sigurnosna i termodinamička ograničenja njihove upotrebe za dati izvor toplote.

Ključne riječi: kogeneracija (CHP), organski Rankine-ov ciklus (ORC), otpadna toplota, eksbergija, energija, parametarska optimizacija

Abstract: The paper designed and analyzed a organic Rankine cycle (ORC) for the use of waste heat from a biogas cogeneration plant (CHP). The designed ORC coupled with biogas CHP forms a hybrid system. In this way, the degree of efficiency of the biogas CHP plant is increased through the generation of additional electrical and thermal energy in the ORC. Biogas for biogas CHP is produced on a dairy farm primarily from manure by anaerobic digestion in a fermenter. Toluene and m-xylene working fluids were chosen for ORC analysis, which must satisfy environmental, safety and thermodynamic criteria after the work has been completed. The scenario was considered when the ORC uses exhaust gases from the biogas CHP at a temperature of 440 °C and a mass flow rate of 0.25 kg/s. Parametric analysis and optimization will include net produced power, thermal and exergy efficiency, mass flow and thermal power and pump power of ORC for maximum values of pressure and temperature of working fluids at the turbine inlet, taking into account safety and thermodynamic limitations of their use for a given source heat.

Key words: cogeneration (CHP), organic Rankine cycle (ORC), waste heat, exergy, energy, parametric optimization



1. Uvod

Posljednjih nekoliko desetljeća energija je postala jedan od ključnih faktora za razvijene zemlje i zemlje u razvoju. Sve zemlje bez obzira da li posjeduju ili neposjeduju izvore fosilnih goriva nastoje svoju energiju proizvoditi iz obnovljivih izvora energije (Tutumlu, Yumrutas & Yildirim, 2018).

Posljedično, nuklearna energija i obnovljivi izvori energije kao što su solarna, vjetar, geotermalna i biomasa, koji su održivi i okolinski prihvatljivi, privlače pažnju većine vlada, tehnoloških tvrtki i naučnika. Bioplin kao proizvod anaerobne digestije, također je među najatraktivnijim alternativnim izvorima energije (Čehajić, 2023; S. Kim, Sung & C. Kim, 2016). Postoje različiti načini korištenja bioplina poput peći, gorivih ćelija, plinskih turbina i sistema za proizvodnju vodonika (Barzegaravval, 2018; Madeira, Boloy, Delgado, Lima, Coutinho i de Castro Pereira Filho, 2017; C. Kim, S. Kim & Sung, 2017). Kogeneracijska postrojenja (CHP) također široko koriste bioplin kao izvor energije (Ameri i Mokhtari, 2017; Chatzopoulou & Christos, 2023; Arenas, Linares & Uris, 2017). Međutim, prosječna efikasnost CHP motora kreće se od 30% do 45% (Chintala & Subramanian, 2014; Boroumandjazi Mekhilef, Mohammed & Saidur, 2012). Preostala energija nastala sagorijevanjem bioplina se ispušta u okoliš kao otpad preko izduvnih plinova (oko 26 - 45 %) i hlađenja motora rashladnom vodom (oko 40 %). Stoga, sa razvojem alternativnih tehnologija povrata otpadne toplote moguće je povećati ukupnu efikasnost CHP plinskog motora. Jedan od načina povrata otpadne toplote CHP plinskog motora su organski Rankine-ovi ciklusi. ORC imaju sposobnost povrata otpadne toplote temperature 80 °C pa naviše. Hung (2001) je istraživao uticaj benzena, toluena, p-ksilena, R113 i R123 na efikasnost ORC. Liu, X. Xu, J. Xu, He & Gao (2012) su istraživali podkritični ORC sa 28 radnih fluida za iskorištenje otpadne toplote. Najbolje rezultate su pokazali radni fluidi: R717, R600a, R142b i R114. Kim K.H., Ko & Kim S.W. (2013) su uporedno istražili termodinamičke performanse ORC sa regeneratorom u radu sa NH₃, R134a, R22, iC₄H₁₀, R152a, R143a, C₄H₁₀, iC₅H₁₂ i nC₅H₁₂ na osnovu drugog zakona termodinamike. Pokazano je kako vrijednost ulaznog pritiska u turbinu utiče na eksergijske gubitke na raznim komponentama sistema, ali i na eksergijsku efikasnost sistema. Wang, Ling & Peng (2012) su analizirali uticaj grupe radnih fluida i njihovih termodinamičkih osobina na termičku i eksergijsku efikasnost ORC ciklusa. Yagli, A. Koc, Karakus & Y. Koc. Y. (2016). su analizirali ORC za korištenje otpadne toplote visoke temperature sa toluen i cikloheksanom (C₆H₁₂) kao radnim fluidima. Rezultati su pokazali da je ORC korištenjem cikloheksana dao bolje rezultate od ORC koji je koristio toluen za iste radne uslove. Nekoliko istraživanja (Čehajić, 2017, 2018 i 2019) odnosilo se na podkritične ORC za korištenje energije iz biomase za različite radne fluide kao što su m-ksilen, toluen, MDM (OMTS), p-ksilen, undekan, D4 (OMCTS) i mješavinu (toluen/MDM/m-ksilen). Provedeno je nekoliko studija kako bi se pokazao kapacitet ORC povezanog s CHP motorima u hibridni sistem. Korištenje ORC za povrat toplote izduvnih plinova iz motora, turbine i industrijske otpadne toplote uspješno je primijenjeno u mnogim slučajevima (Dai, Wang & Gao, 2009; Benato & Macor, 2017) analizirali su mogućnost povrata potencijala otpadne toplote izduvnog plina motora na bioplin koji koristi ORC. U ovom radu se analizira mogućnost povrata otpadne toplote izduvnih plinova iz bioplinskog CHP korištenjem ORC. Dobiveni rezultati za hibridni bioplinski CHP - ORC se analiziraju i kompariraju sa parametrima postojećeg bioplinskog CHP i definiše najbolje rješenje za definisane uslove izvora toplote i izabrane radne fluide.

2. Opis sistema

2.1 Bioplinsko CHP

Energije iz biomase se generiše spoljašnjim sagorijevanjem u kotlu ili pomoću unutrašnjeg sagorijevanja nakon rasplinjavanja, pirolize, fermentacije ili anaerobne digestije. Unutarašnje sagorijevanje karakteriše veća efikasnost, dok se anaerobna digestija smatra ekonomičnom i ekološki prihvatljivom tehnikom u poređnju s drugim procesima proizvodnje biogoriva (Christy, Divya & Gopinath, 2015). Sirovine za anaerobnu digestiju moraju imati visok sadržaj šećera, škroba, proteina ili masti. Iz tog

razloga, supstrati sirovine uglavnom se sastoje od raznih ostataka i nusproizvoda (životinjski gnoj i gnojovka prikupljena s farmi), ali u posljednjem desetljeću se koriste energetske usjevi, poput kukuruza, trava, repe i suncokreta. Razmatrano i analizirano bioplinsko postrojenje je sagrađeno na farmi muznih krava „Spreča“ Kalesija i ukupnog je stepena efikasnosti 85 %. Bioplinsko CHP je smješteno u kontejner tip ECOMAX 1,5 - Biogas, slika 1.

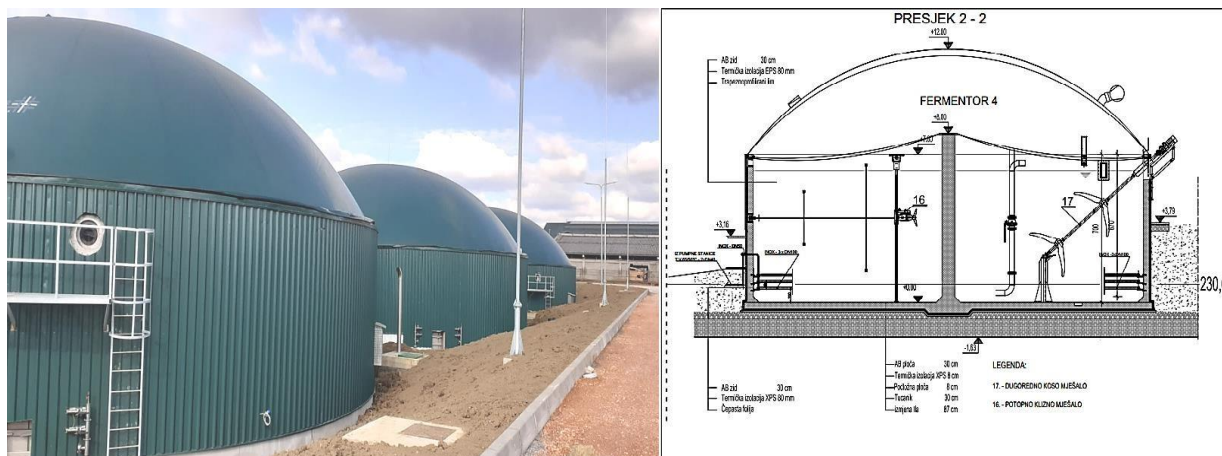


Slika 1. Blokmotor sa generatorom u kontejneru tip „ECOMAX 1,5 - BIOGAS“ (Čehajić, Fejić, Karić, Muminović i Omerović, 2023)

Na lokaciji su izgrađena četiri identična bioplinska CHP. Kontejner je dužine 7 m, širine 3 m i visine 2,6 m. Opremljen je odgovarajućom zvučnom izolacijom (65 dB/10 m) i odgovarajućim ventilatorima. Postrojenje svu proizvedenu električnu energiju predaje u sistem. Toplotnu energiju u iznosu od 150 kW_t postrojenje generiše na način da se pomoću izmjenjivača toplote voda/voda za hlađenje plinskog motora dobije 93 kW_t i sa izmjenjivača toplote izduvni plinovi/voda temperature 440°C/85°C proizvede 57 kW_t. Maseni protok izduvnih plinova motora je 881 kg/h. Izduvni plinovi motora se u izmjenjivaču toplote ohlade na 260°C (Čehajić i sar., 2023).

Mješačka jama služi kako bi se potrebna dnevna količina kukuruzne silaže i pilećeg stajnjaka promiješala sa tekućom podlogom (goveđi gnoj, recirkulat iz separacije kao i recirkulat iz fermentacije) i da se dobije homogena mješavina sa približno 11 % suhe materije. Iz mješačke jame se fermentori pomoću pumpi mogu puniti tokom dana sa konstantnom količinom smješe. Kondenzat iz kondenzacijskog šahta se pumpa u mješačku jamu i zatim dolazi u tok fermentacijskog procesa. Silaža se dnevno dozira pomoću utovarivača u mješačku jamu. Dva dugogredna mješala u mješačkoj jami održavaju smjesu homogenom, odnosno u tekućem stanju.

Fermentor je plinski nepropusan i betonsko - armirani spremnik, koji je izolovan i opremljen sa dva mješača za sprječavanje plutajućih ili taložnih slojeva uzrokovanih prisustvom velikog udjela suhe tvari. Tekućina se pomoću instaliranih grijača unutar spremnika zagrijava i drži konstantno na temperaturi od oko 40 °C. Izvor toplotne energije za grijanje je generisana toplota u bioplinskom CHP. Teoretski rok trajanja fermentacije u fermentoru iznosi minimalno 60 dana. Fermentor sa fiksnim nivoom supstrata sadrži cca 1.963 m³ korisne zapremine i pokriven je sa spremnikom za plin, slika 2. Zidovi su obloženi sa 8 do 10 cm vanjske izolacije obložene trapeznim limom. Za održavanje sirovine u homogenom stanju instalirano je dugogredno i potopno mješalo. Mješala su pričvršćena za pod i zid fermentora. Fermentor je ukopan 3 m u tlo.



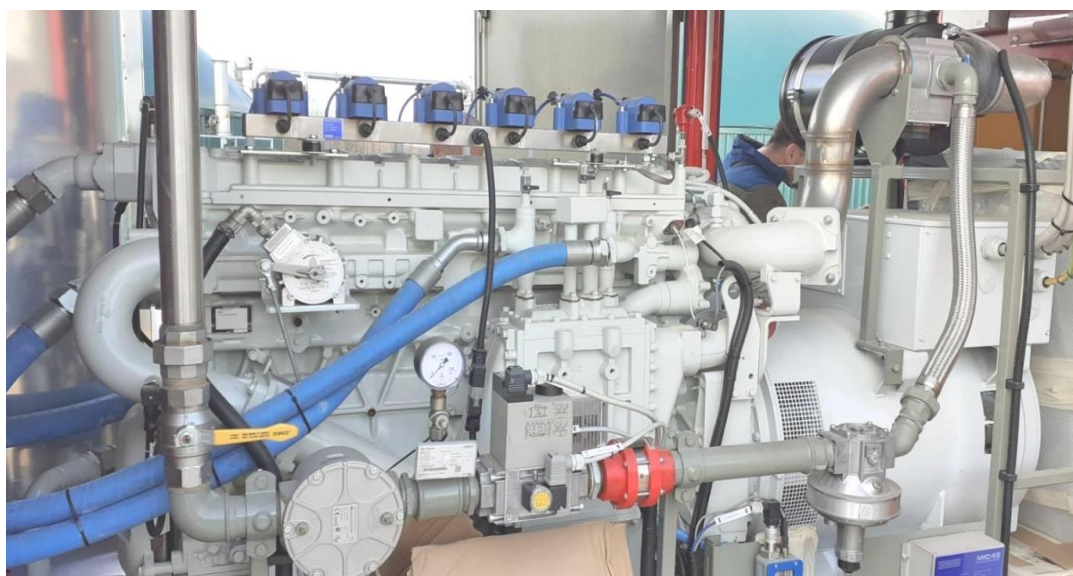
Slika 2. Vanjski izgled i poprečni presjek fermentora (Čehajić i sar., 2023).

Proizvodnja i potrošnja plina ne odvija se uvijek paralelno. Bioplin koji je proizveden u fermentorima akumulira se u spremnicima za bioplin. Skladište bioplina odgovara kriterijumima nepropusnosti plina i otpornosti na pritisak, temperaturu i starenje. Na fermentoru se postavlja visoki silažni krov sa plinski nepropustljivom membranom. Kao skladište koristi se membrana sa folijom sa visokim stepenom čvrstoće protiv cijepanja i povećanom otpornošću na plin.

Bioplin se prije uvođenja u plinski motor mora tretirati pomoću uređaja za: odvajanje kondenzata iz bioplina, odsumporavanje bioplina i analizu bioplina. Konačno dobiveni bioplin, koji se sastoji od 55% CH₄ i 45% CO₂, pohranjuje se u spremnik bioplina za proizvodnju električne i toplotne energije u plinskom motoru i električnom generatoru. Fermentori su opremljeni sa mjernom opremom za mjerenje temperature supstrata i nivoa u fermentoru i spremniku plina.

2.2 Opis CHP motora

Bioplinski CHP motor u ovom radu ima šest cilindara i u generatoru generiše električnu snagu od 150 kW_e. Trenutno se generisana toplotna energija u dva izmjenjivača topline voda/voda za hlađenje motora u iznosu od 150 kW_t koristi za grijanje supstrata u fermentoru i grijanje poslovnih prostorija na farmi muznih krava. Na slici 3. je prikazan bioplinski motor direktno spojen sa električnim generatorom.



Slika 3. Bioplinski motor i generator



U plinskom motoru bioplin se miješa sa zrakom i ubacuje pod pritiskom u motor gdje sagorijeva. Ulje za podmazivanje motora se dovodi iz jedinice za napajanje uljem. Nakon što se završi proces sagorijevanja u cilindrima motora izduvni plinovi se ispuštaju u atmosferu na temperaturi između 440 °C i 500 °C. Tehničke karakteristike (bio)plinskog motora su date u tabeli 1.

Tabela 1. Tehničke karakteristike plinskog motora MAN E2676 LE212

<i>Parametar/veličina</i>	<i>Jedinica</i>	<i>Vrijednost</i>
Maksimalna temperatura dotoka smjese nakon ventila	° C	50
Električna snaga	kW	150/128/105
Toplinska snaga	kW _t	150
Nazivni broj obrtaja	min ⁻¹	1500
Potrošnja ulja za podmazivanje motora	kg/h	0,15
Količina punjenja mazivim uljem min./maks.	l	35/70
Količina punjenja rashladne tečnosti	l	50
Srednji efektivni pritisak	bar	14,2
Srednja brzina klipa	m/s	8,3
Min. količina cirkulacije rashladne tečnosti motora	l/min	320
Temperatura rashladne tečnosti min.	° C	80
Temperatura rashladne tečnosti max.	° C	88
Razlika temperature ulaz/izlaz max.	° C	6
Maks. temperatura usisne vode za hlađenje smjese LT	° C	40
Maks. količina kružne vode za hlađenje smjese LT	l/min	58
Maks. temperatura usisne vode za hlađenje smjese HT	° C	85
Min. količina cirkulacije vode za hlađenje smjese LT	l/min	42
Maks. usisni pritisak	mbar	15
Maks. povratni tlak ispušnih plinova	mbar	40
Broj cilindara	-	6
Dužina motora	mm	1589
Visina motora	mm	1206
Širina motora	mm	808
Masa suhog motora	kg	895
Toplina rashladne tekućine	kW	93/85/77

Osnovne tehničke karakteristike Bioplinske CHP su date u tabeli 2.

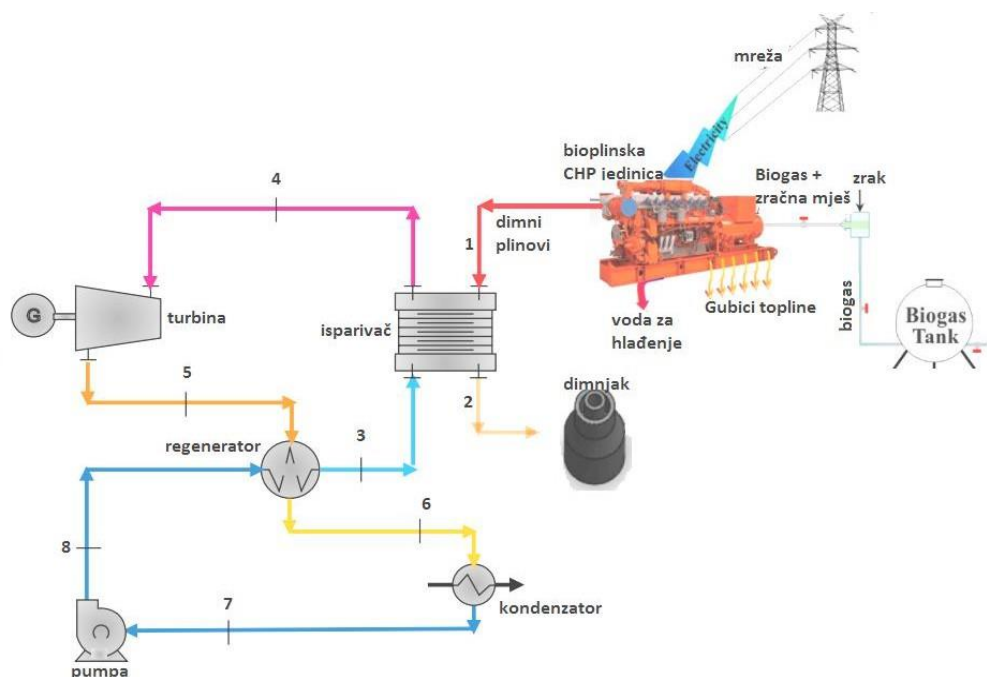
Tabela 2. Tehničke karakteristike bioplinske CHP jedinice

Parametar/veličina	Jedinica	Vrijednost
Električna snaga	kW _{el}	150
Toplotna snaga	kW _t	150
Emisije (korelacija 5% O ₂)	NO _x <500	mg/m _{n3}
Energija goriva (bioplin)	kW	395
Zapreminski protok goriva	m _n ³ /h	65,8
Nazivni broj obrtaja	min ⁻¹	1500
Električna efikasnost	%	38
Toplotna efikasnost	%	38

2.3 Opis ORC

Bioplinski CHP sistem radi sa šestocilindričnim motorom pogonjenim bioplinom proizvedenim na farmi za proizvodnju mlijeka. Na farmi su instalirane četiri CHP jedinice sa gasnim motorim pojedinačne električne snage 150 kW_e. Izduvni plinovi na izlazu iz izmjenjivača imaju još uvijek visoku temperaturu i mogu se koristiti u ORC. Veza ORC i bioplinskog CHP je prikazana na slici 4.

ORC je varijacija Rankinovog ciklusa u kojem se umjesto vode kao radnog medija koristi organski fluid. Zbog relativno niske temeperature isparavanja organskog fluida moguće je iskorištavanje niskoentalpijskih izvora toplote (biomasa, otpadna toplota, geotermalna i sunčeva energija). ORC tehnologija može pretvoriti toplotnu energiju relativno niskih temperatura u rasponu od 80 do 350 °C u električnu energiju i može igrati važnu ulogu u povećanju energetske efikasnosti novih ili postojećih aplikacija. Prednost korištenja ORC tehnologije temelji se na činjenici da su potrebni niski radni pritisci u odnosu na druge termodinamičke cikluse (Čehajić, Halilčević i Softić, 2014).



Slika 4. Šematski prikaz ORC podržanog sa bioplinskim CHP



Cilj ovog rada je projektirati ORC jedinicu koja može koristiti ispuštene izduvne plinove iz motora sa unutarnjim izgaranjem na bioplin. Pad pritiska u regeneratore uzima se kao 0,001 bar na vrućoj strani i 0,05 bar na hladnoj strani, dok se pad pritiska u isparivaču i cijevima zanemaruje. Analiza je sprovedena pod nominalnim radnim parametrima i uslovima koji su dati u tabeli 3.

Tabela 3. Tehničke karakteristike bioplinske CHP jedinice

Opis	Vrijednost
Temperatura izduvnog gasa na ulazu u isparivač	440 °C
Temperatura vode na izlazu iz kondenzatora	80 °C
Temperatura vode na ulazu u kondenzator	60 °C
Temperatura okoline	20 °C
Minimalna razlika temperatura između radnog fluida i vode u kondenzatoru ORC	5 °C
Minimalna razlika temperatura između izduvnog plina i radnog fluida u isparivaču ORC	5 °C
Minimalna razlika temperatura između radnog fluida na izlazu iz turbine i radnog fluida na izlazu iz pumpe u regeneratore	5 °C
Izentropska efikasnost ekspanzije	0,85
Izentropska efikasnost procesa sabijanja u pumpi	0,80
Efikasnost generatora	0,98
Maseni protok izduvnog plina	881 kg/h

3. Parametarska analiza

3.1 Jednačine energijske i eksergijske analize

Termodinamička analiza ORC podržana sa bioplinskim CHP je zasnovana na masenom, energijskom i eksergijskom balansu za bilo koje stabilno stanje kontrolne zapremine sa zanemarivom potencijalnom i kinetičkom energijom, respektivno izraženo kako slijedi:

$$\sum m_i = \sum m_e \quad (1)$$

$$Q - W = \sum m_e h_e - \sum m_i h_i \quad (2)$$

$$E_{\text{heat}} - W = \sum m_e e_{xe} - \sum m_i e_{xi} \quad (3)$$

Specifična eksergija se računa:

$$e_x = h - h_0 - T_0(s - s_0) \quad (4)$$

Ukupna eksergija se računa pomoću izraza:

$$E_x = m[h - h_0 - T_0(s - s_0)] \quad (5)$$

gdje: T, m, h i s predstavljaju temperaturu, maseni protok, entalpiju i entropiju, respektivno. Indeks 0 označava stanje okoline.

Eksergija sistema na ulazu u ORC se određuje prema izrazu:

$$E_{u,rrrRC} = \left(1 - \frac{T_0}{T_{plina}}\right) \cdot Q \quad (6)$$

gdje su: T_0 i T_{plina} temperature okoline i dimnih plinova, a Q dovedena toplota radnom fluidu u krugu ORC.

Eksergija sistema na izlazu iz ORC kada se uzima u obzir izlazna eksergija tople vode za grijanje se računa kao zbir neto snage turbine i snage raspoložive toplote:

$$E_{i,rrrRC} = \eta_{el} \cdot m_{rf} \cdot (h_5 - h_4) + m_v \cdot (h_{2v} - h_{1v}) \quad (7)$$



Gubici eksergije ORC u zavisnosti od eksergije na izlazu se definiraju kao razlika eksergija na ulazu i izlazu ORC:

$$I_{trRC} = E_{u,trRC} - E_{i,trRC} \quad (8)$$

Eksergijski stepen efikasnosti ORC se računa:

$$\eta_{ex,trRC} = 1 - \frac{I_{trRC}}{E_{u,trRC}} \quad (9)$$

Ukupni energetski stepen efikasnosti ORC se računa:

$$\eta_{trRC} = \frac{W_{net} + Q_{Q_t}}{Q_{Q_t}} \quad (10)$$

Neto električna snaga na izlazu iz ORC se računa:

$$W_{net} = W_{turb} - W_p \quad (11)$$

Snaga turbine se računa prema izrazu:

$$W_{turb} = m_{rf} \cdot (h_5 - h_4) \quad (12)$$

Snaga pumpe se računa prema izrazu:

$$W_p = m_{rf} \cdot (h_8 - h_7) \quad (13)$$

3.2 Radni fluidi za ORC

Pri izboru radnog fluida pored pregleda literature o postojećim radnim fluidima, potrebno je uzeti u obzir okolišne, sigurnosne i termodinamičke kriterijume, kao i hemijske trendove. Radni fluidi izabarni na osnovu navedenih kriterijuma mogu se uvesti u optimizaciju termodinamičkih i drugih performansi ORC, a komparativnom analizom dobivenih rezultata bira se najpovoljniji radni fluid, u zavisnosti od postavljene funkcije cilja. Mnogi radni fluidi koji imaju dobre termodinamičke osobine istovremeno negativno utiču na okoliš. Glavni parametri koji definiraju uticaj radnog fluida na okoliš su:

- Potencijal globalnog zatopljenja (engl. Global Warming Potential - GWP) i
- Potencijal osiromašivanja ozona (engl. Ozone Depletion Potential - ODP)

Hlorofluorouglici (CFC) su zbog oštećenja ozonskog sloja u Zemljinoj atmosferi izbačeni iz upotrebe, a hidrohlorofluorouglici (HCFC) se u EU ne upotrebljavaju za nove uređaje od 2000. godine. Potpuna zabrana HCFC radnih fluida je od 2040. godine pa će u ovom radu fluidi iz ove grupe, uz ispunjavanje ostalih kriterijuma biti prihvatljivi za ORC. Radni fluid treba da je neotrovan, nezapaljiv i nekoroziivan. Sigurnosni podaci u ovom radu uzimaju u obzir niži nivo zapaljivosti i sigurnosnu klasifikaciju radnih fluida (Čehajić i sar. 2019).

Termodinamički kriteriji uzimaju u obzir sljedeće:

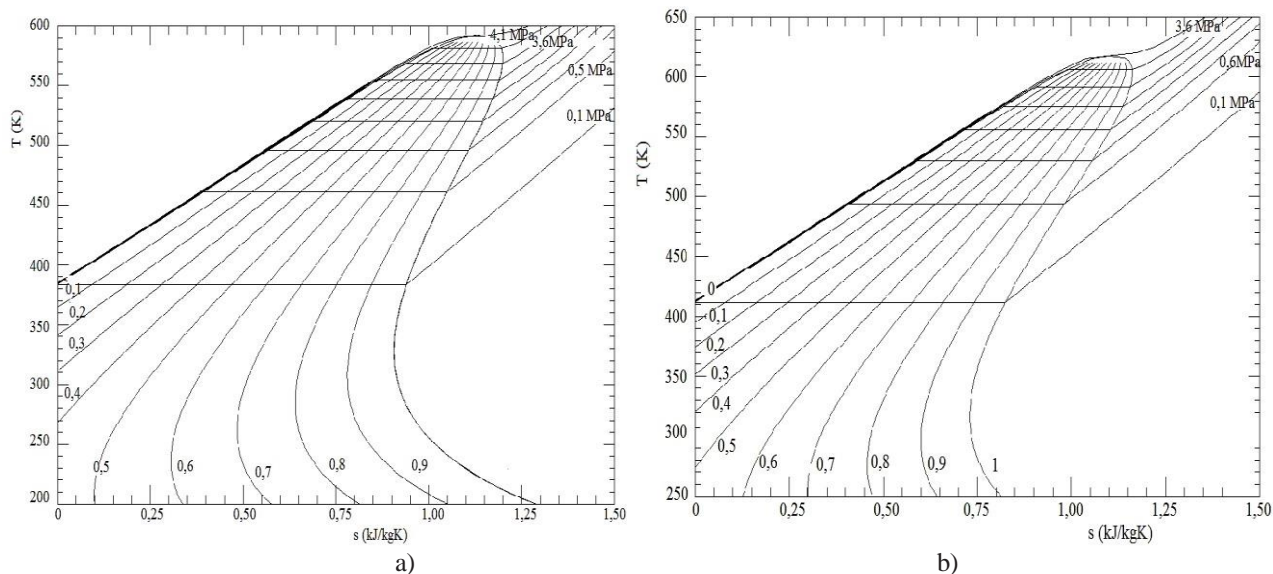
- Graničnu temperaturu primjene radnog fluida
- Minimalni granični pritisak u kondenzatoru ORC
- Maksimalni pritisak pare radnog fluida u isparivaču ORC

Grupa od dva radna fluida je izabrana za upotrebu u ORC za korištenje otpadne toplote iz bioplinskog CHP i oni su okolinski prihvatljivi jer im je GWP manji od 2000 i ODP jednak nuli. Osobine izabranih radnih fluida su date u tabeli 4. Kao što se iz tabele 4. može vidjeti svi izabrani radni fluidi su suhi, pa im ekspanzija radnog fluida u turbini završava u pregrijanom području.

Tabela 4. Osnovni podaci o izabranim radnim fluidima

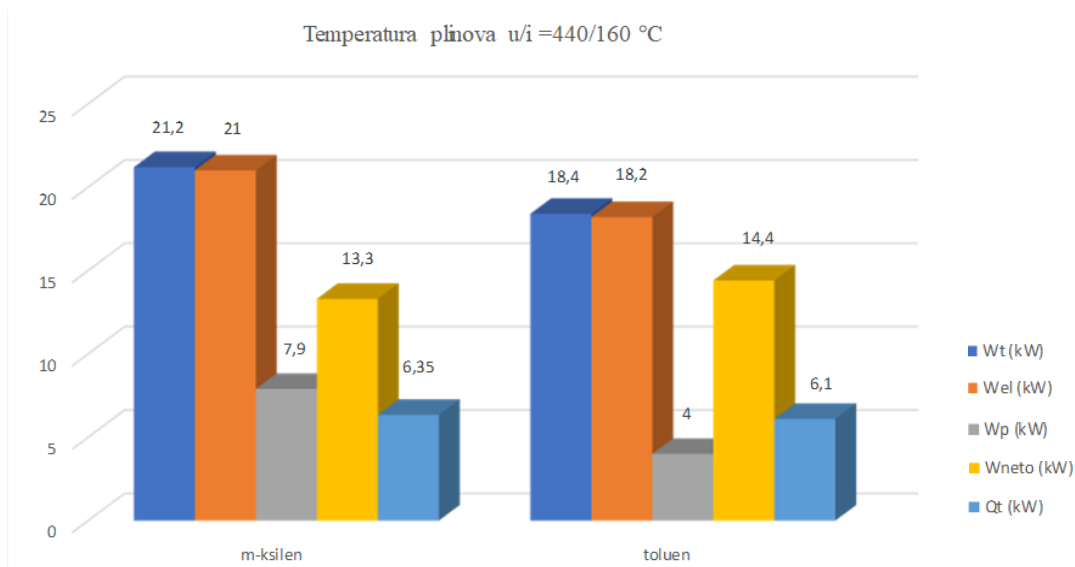
Radni fluid	Hemijska formula	Molarna masa (kg/kmol)	t_k (°C)	P_k (bar)	Ekspanzija
Toluen	C_7H_8	92,138	318,60	41,26	suh
M-ksilen	C_8H_{10}	106,16	343,74	35,35	suh

Na slici 5. je prikazani su T-s dijagrami toluen i m-ksilen radnog fluida, sa koje se vidi da im je nagib krive zasićene pare pozitivan pa para nakon ekspanzije u turbini završava u pregrijanom području.

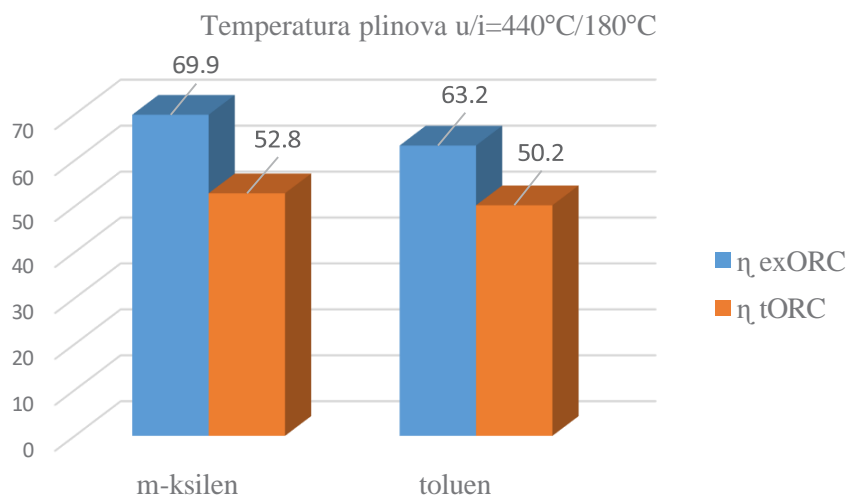
**Slika 5.** T-s dijagram: a) toluen b) m-ksilen

4. Rezultati i analiza rezultata

Rezultati analize korištenja izduvnih plinova iz jednog bioplinskog CHP temperature na ulazu/izlazu iz isparivača 440°C/180°C su prikazani na slici 6. i slici 7. Sa slike 6. se vidi da se bolji rezultati parametara ostvaruju sa m-ksilen radnim fluidom. ORC sa m-ksilenom kao radnim fluidom za ove radne parametre plinova na ulazu i izlazu iz isparivača može proizvesti 21 kW_e i 6,35 kW_r.

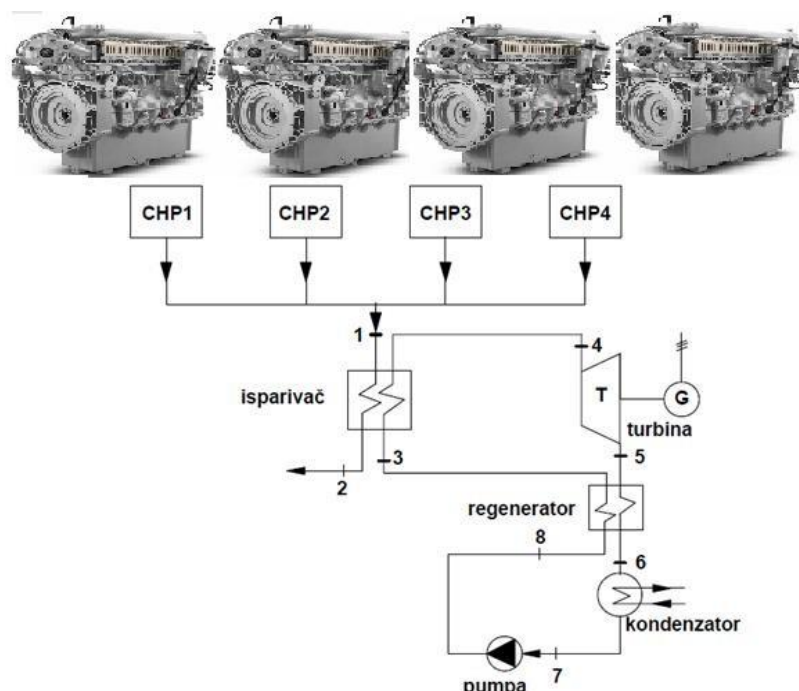
**Slika 6.** Rezultati parametara ORC za m-ksilen i toluen radni fluid

Vrijednost eksbergijske efikasnosti ORC za m-ksilen je za 6,7 % veća u poređenju sa toluenom i iznosi 69,9 %, dok ORC sa m-ksilenom kao radnim fluidom ima i veću vrijednost ukupne energetske efikasnosti i iznosi 52,8 %, slika 7.



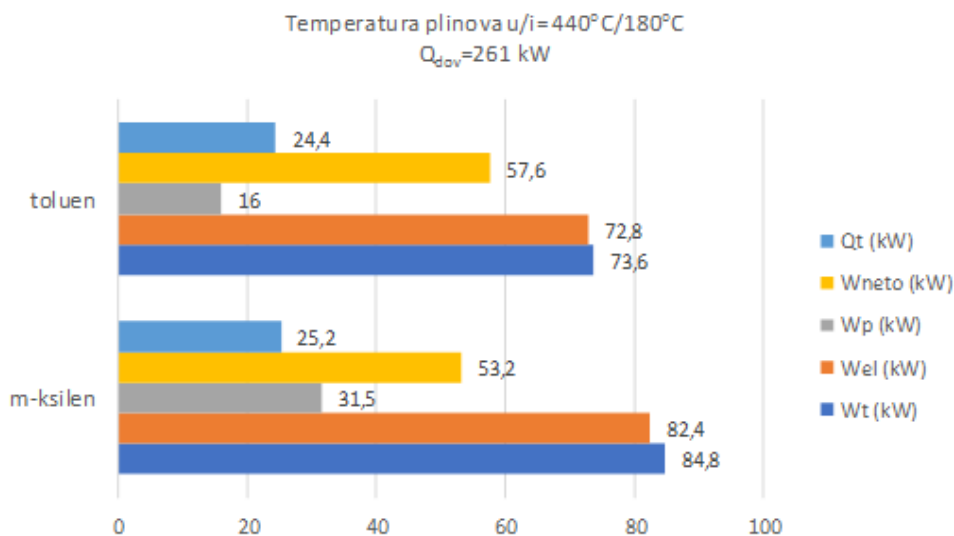
Slika 7. Rezultati eksbergijskih i ukupnih energetskih stepena efikasnosti ORC za m-ksilen i toluen radni fluid

U nastavku je izvršena parametarska analiza ORC za korištenja otpadne toplote iz sva četiri instalirana bioplinska CHP postrojenja, prema šemi na slici 8.

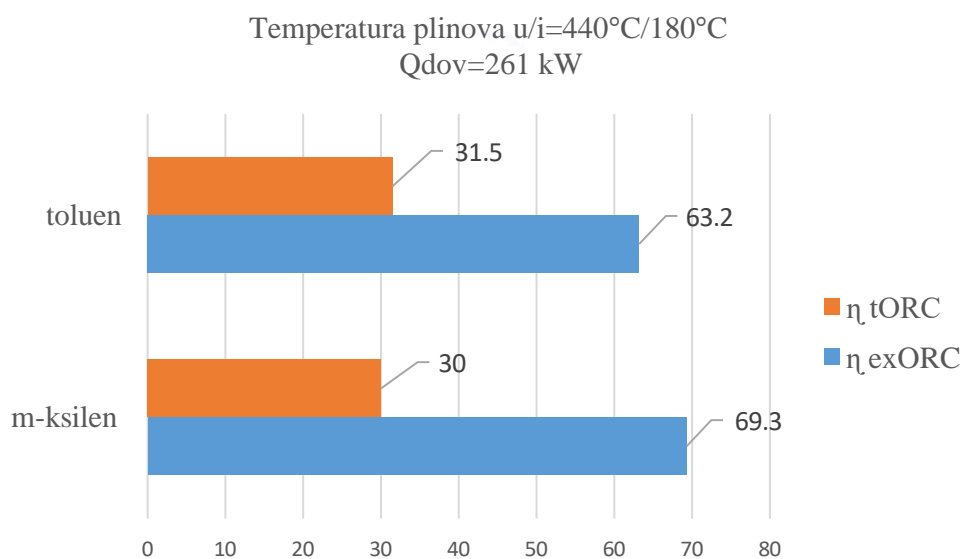


Slika 8. Šematski prikaz ORC podržanog sa četiri bioplinska motora

Rezultati analize korištenja otpadne toplote iz četiri instalirane bioplinske CHP pri istim vrijednostima temperature na ulazu i izlazu iz isparivača su prikazani na slikama 9. i 10. Sve što je rečeno za rezultate prikazane na slika 6. i 7. vrijedi i za rezultate parametara ORC za korištenje otpadne toplote iz četiri bioplinska CHP, s tim da su vrijednosti količina toplote i snage komponenti ORC znatno veće i prihvatljivije su sa aspekta mogućnosti investiranja malih ORC. U ovoj varijanti je moguće instalirati jednu kogeneracijsku ORC jedinicu snage od 70 do 100 kW_e i oko 25 kW_t.



Slika 9. Rezultati parametara ORC za m-ksilen i toluen kao radni fluid



Slika 10. Rezultati eksergijskih i ukupnih energetske stepena efikasnosti ORC za m-ksilen i toluen radni fluid

5. Zaključak

Efikasnost ORC je viša pri radu sa m-ksilenom kao radnim fluidom u odnosu na rad ORC sa toluenom. U zavisnosti od temperature i masenog protoka dimnih plinova na ulazu i izlazu isparivača ORC, za slučaj korištenja toplote iz samo jedne instalirane bioplinske CHP moguće je instaliranje kogeneracijske ORC jedinice u rasponu snaga od 6 do 21 kW_e i 2 do 6 kW_t. Za slučaj korištenja otpadne toplote iz sva četiri instalirana bioplinska CHP pri istoj vrijednosti temperature i povećane vrijednosti masnog protoka izduvnih plinova moguća je instalacija kogeneracijske ORC jedinice u rasponu od 20 do 80 kW_e i 8 do 25 kW_t. To znači da se pored postojeće generisane 600 kW_e i 600 kW_t iz četiri bioplinske CHP u kombinovanom bioplinskom CHP- ORC sistemu može generisati 660 kW_e i 400 kW_t, iz čega proizilazi da je integracija ORC u postojeća bioplinska CHP poželjna u slučaju potrebe veće



proizvodnje električne energije na račun smanjenja proizvodnje toplotne energije. Kako je temperatura dimnih plinova iz isparivača ORC još uvijek visoka i iznosi 180 °C moguća je ugradnja dodatnog izmjenjivača toplote otpadna toplina/voda kako bi se generisala dodatna toplotna energija. Značaj izabranih fluida nije samo u dobivenim visokim vrijednostima eksergijskih efikasnosti ORC, već i u činjenici da su zadovoljeni sigurnosni i oklinski kriteriji, kroz nemogućnost samozapaljenja i malog faktora GWP, dok je faktor ODP jednak nuli.

6. Literatura

1. Ameri, M., Mokhtari, H. (2017). Simulation of a New Hybrid Solar and organic cycle as a Combined Cooling, Heat and Power (CCHP) Unit in Off Design Condition, *Environmental Energy and Economic Research*, 1(2017), 183-194.
2. Barzegaravval, H., Hosseini, S. E., Wahid, M. A. Saat, A. (2018). Effects of fuel composition on the economic performance of biogas-based power generation systems, *Applied Thermal Engineering*, 128 (2018), 1543-1554.
3. Benato, A., Macor, A. (2017). Biogas engine waste heat recovery using ORC, *Energies*, 10(2017) 327.
4. Chintala, V., Subramanian, K. A. (2014). Assessment of maximum available work of a hydrogen fueled compression ignition engine using exergy analysis, *Energy*, 67(2014), 162-175.
5. Ćehajić, N., Eljšan, S. (2018). Eksergijska analiza podkritičnog organskog Rankinovog ciklusa za iskorištenje energije biomase, *Tehnika*, Vol. 73, 3(2018), 373-381.
6. Ćehajić, N., Eljšan, S., Halilčević, S., Fejzić, J. (2019). Okolinski i termodinamički prihvatljivi radni fluidi u ORC za korištenje biomase, *SIGURNOST* 61, 1(2019).
7. Ćehajić, N., Fejzić, J., M. Hodžić, M., Harbaš, N. (2018, oktobar 11-12). *Termodinamička analiza kogeneracijskog ORC u radu sa različitim radnim fluidima za korištenje energije iz biomase*, Zbornik radova 6. MKOIE, Beograd, Srbija. <https://izdanja.smeits.rs/index.php/mkoiee>
8. Ćehajić, N., Fejzić, J., Hodžić, M., Ganibegović, N. (2017, septembar 17-21). *Mogućnosti korištenja biomase u kogeneracijskim postrojenjima*, 13. savjetovanje Bosanskohercegovačk. komiteta Međunarodnog vijeća za velike električne sisteme - BH K CIGRÉ, Neum, Bosna i Hercegovina. <https://bhkcigre.ba/bhs/savjetovanja/13-SAVJETOVANJE-BH-KOMITETA>
9. **Ćehajić, N., Halilčević, S., Softić, I. (2014).** Primjena organskog Rankinovog ciklusa i prikladni radni fluidi, *Tehnički glasnik*, Vol. 8, 3(2014), 229-237.
10. Ćehajić, N., Fejzić, J., Karić, S., Muminović, R., Omerović, M. (2023, juni 1-3). *Bioplinsko kogeneracijsko postrojenje na farmi za proizvodnju mlijeka*, Zbornik radova 36. Međunarodni kongres PROCESING '23, Šabac, Srbija. <https://www.izdanja.smeits.rs/index.php/ptk/issue/view/391>
11. Divya, D., Gopinath, L., Christy, P. M. (2015). A review on current aspects and diverse prospects for enhancing biogas production in sustainable means, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42., 690-699.
12. Dai, Y., Wang, J., Gao, L.(2009). Parametric optimization and comparative study of ORC for low grade waste heat recovery, *Energy Conversation Management*, 50., 576-582.
13. Hung, T. C. (2001). Waste heat recovery of organic Rankine cycle using dry fluids, *Energy Conversion and Management*, 42, 539-553.
14. Kim, K. H., Ko, H. J., Kim, S. W. (2013). Exergy analysis of organic Rankine cycle with internal heat exchanger, *International journal of materials, mechanics and manufacturing*, 1.
15. Kim, S., Sung, T., Kim, K. C. (2016). Thermodynamic Performance Analysis of a Biogas-Fuelled Micro-Gas Turbine with a Bottoming Organic Rankine Cycle for Sewage Sludge and Food Waste Treatment Plants, *Energies*, 10, 275.



16. Liu, C., He, C., Gao, H., Xu, X., Xu, J. (2012). The optimal evaporation temperature of subcritical ORC based on second law efficiency for waste heat recovery, *Entropy*, 14, 491-504.
17. Madeira, J.G.F., Boloy, R.A.M., Delgado, A.R.S., Lima, F.R., Coutinho, E. R., de Castro Pereira Filho, R. (2017). Eco-logical analysis of hydrogen production via biogas steam reforming from cas sava flour processing wastewater, *The Journal of Cleaner Production*, 162, 709 - 716.
18. Saidur, R., BoroumandJazi, G. Mekhilef, S., Mohammed, H. A. (2012). A review on exergy analysis of biomass based fuels, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1217 - 1222.
19. Sung, T., Kim, S., Kim, K. C. (2017). Thermo-economic analysis of a biogas-fueled micro-gas turbine with a bottoming ORC for a sewage sludge and food waste treatment plant in the Republic of Korea, *Applied Thermal Engineering*, 127, 963-974.
20. Tutumlu, H., Yumrutas, R. Yildirim, M. (2018). (2018). Investigating thermal performance of an ice rink cooling system with an underground thermal storage tank, *Energy Exploration & Exploitation*, 36, 314-334.
21. Uris, M., Linares, J. I., Arenas, E. (2017). Feasibility assessment of an ORC cogeneration plant (CHP/CCHP) fueled by biomass for a district network in mainland Spain, *Energy*, 133, 969-985.ČŠ
22. Wang, D., Ling, X., Peng, H. (2012). Performance analysis of double organic Rankine cycle for discontinuous low temperature waste heat recovery, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 48, 63-71.
23. Yagli, H., Koc, A., Karakus, C., Koc, Y. (2016). Comparison of toluene and cyclohexane as a working fluid of an ORC used for reheat furnace waste heat recovery, *International Journal of Exergy*, Vol. 36, 420 - 438.

DISTRIBUIRANA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE DISTRIBUTED ELECTRICITY PRODUCTION

Dr Ernad Jabandžić

Univerzitet „Privredna akademija“ Brčko Distrikt Bosne i Hercegovine
ernad.jabandzic@gmail.com

UDK: 621.316:621.3.05

DOI: 10.7251/AKPR2401075J

Sažetak: Tranzicija energetskeg sektora zasniva se na povećanju energetske efikasnosti, razvoju tržišta energije, povećanju korištenja obnovljivih izvora energije, povećanju kvalitete upravljanja energijom, opštem tehnološkom napretku, kontinuiranom obrazovanju i informisanosti kupaca o primjerima dobre prakse. Studije energetske tranzicije fokusiraju se na ponašanje novih tehnologija kao što su fotonaponski sistemi i punjači električnih vozila, dok pojednostavljaju šire zahtjeve i uticaj ostalih faktora na opterećenje. Energetska tranzicija podrazumijeva stalni i nesmetani razvoj pametnih mreža.

Pametne mreže su vrsta elektroenergetskih mreža koje pokušavaju predvidjeti i inteligentno odgovoriti na ponašanje i postupke svih korisnika povezanih na mrežu, kako bi efikasno i pouzdano funkcionisale održive elektroenergetske usluge. Efikasan rad pametnih mreža uz iskorištavanje maksimalnih potencijala i prednosti koje one nude, uzimajući u obzir opskrbu i zadovoljstvo konvencionalnih i modernih potrošača, kao i nepredvidivost distribuiranih izvora energije predstavljaju izazove uspješnog funkcionisanja pametnih mreža.

Svaka proizvodnja električne energije i tehnologija koja je takva da je integrirana u distributivni sistem uklapa se pod pojmom distribuirane proizvodnje.

Ovaj rad se bavi distribuiranom proizvodnjom električne energije, distribuiranim generatorima i uticajem distribuirane proizvodnje električne energije na pojedine dijelove elektroenergetskog sistema. Pored toga, u radu je opisan uticaj distribuiranih genertora na tokove snaga u sistemu i aspekt ekonomskog uticaja distribuiranih generatora na distributivni sistem. Uticaj distribuiranih generatora na elektroenergetski sistem je mnogostruk, te se mogu posmatrati pozitivni i negativni aspekti ovog uticaja na elektroenergetski sistem.

Ključne riječi: Elektroenergetski sistem, distributivni sistem, prijenosni sistem, distribuirani generator

Abstract: The transition of the energy sector is based on increasing energy efficiency, developing the energy market, increasing the use of renewable energy sources, increasing the quality of energy management, general technological progress, continuous education and informing customers about examples of good practice. Energy transition studies focus on the behavior of new technologies such as photovoltaic systems and electric vehicle chargers, while simplifying broader requirements and the impact of other factors on load. The energy transition implies the constant and smooth development of smart grids.

Smart grids are a type of power grids that try to predict and intelligently respond to the behavior and actions of all users connected to the grid, in order for sustainable power services to function efficiently and reliably. The efficient operation of smart grids while exploiting the maximum potential and advantages they offer, taking into account the supply and



satisfaction of conventional and modern consumers, as well as the unpredictability of distributed energy sources represent challenges for the successful functioning of smart grids. Any electricity production and technology that is such that it is integrated into the distribution system fits under the concept of distributed production.

This paper deals with distributed electricity generation, distributed generators and the impact of distributed electricity generation on individual parts of the power system. In addition, the paper describes the influence of distributed generators on power flows in the system and the aspect of the economic impact of distributed generators on the distribution system. The influence of distributed generators on the power system is manifold, and the positive and negative aspects of this influence on the power system can be observed.

Key words: Electric power system, distribution system, transmission system, distributed generator

1. Uvod

Promjene u društvu se obično iniciraju i uglavnom se odvijaju izvan elektroenergetskog sistema. Međutim, takve promjene mogu značajno utjecati na elektroenergetsku mrežu. Trenutno se odvijaju tri specifične vrste promjena, što uzrokuje niz ozbiljnih izazova za dizajn, planiranje i rad elektroenergetskog sistema:

- Novi tipovi proizvodnje električne energije: Ovo podrazumijeva prelazak sa velikih proizvodnih jedinica povezanih na prijenosnu mrežu na male jedinice priključene na distributivnu mrežu, ponekad čak i spojene na niskom naponu na strani potrošača električne energije. Potaknuta potrebom za održivijim energetske sistemom, ova nova proizvodnja je često obnovljivog tipa i povezana preko sklopova energetske elektronike. Ovaj pomak u proizvodnji, uključujući očekivani budući razvoj, prilično je dobro dokumentiran i objašnjen u dokumentima, knjigama i vladinim izvještajima (Tagare, 2011; Bollen & Hassan, 2011; Staffell, Brett, Brandon & Hawkes, 2015; IEA, 2016);
- Promjene u potrošnji električne energije: Potrošnja električne energije je tamo gdje društvene promjene često imaju prvi učinak. Već dugi niz godina postoji opće povećanje broja korištenih električnih uređaja. Prelazak na održivi energetske sistem pokreće prelazak na energetske efikasniju opremu, opremu koja koristi sklopove energetske elektronike za povezivanje sa okruženjem i uvođenje novih vrsta opreme. Primjeri ovoga su električna vozila (IEA, 2016b; Matulka, 2014; Wu, 2013) i toplotne pumpe (Chua, Chou & Yang, 2010). Zamjenu sijalica sa žarnom niti sa kompaktnim fluorescentnim i LED (eng. *Light-Emitting Diode*) sijalicama treba posebno pomenuti (Waide, 2010). U zemljama u razvoju, ekonomski rast i povećanje standarda u snažnoj je korelaciji sa rastom potrošnje električne energije;
- Promjene u mreži: Kombinacija tehničkog razvoja s jedne strane i društvenih, ekoloških i regulatornih zahtjeva, s druge strane, vodi ka korištenju novih tipova rješenja kao dijela elektroenergetske mreže. Pomak od nadzemnih vodova do podzemnih kablova je jedan primjer, sporog, ali stalnog uvođenja niza tehnologija koje dolaze pod pojam pametne mreže (eng. *smart grids*) (Bollen, 2011; Hatziaargyriou, 2014; Liu, McArthur & Lee, 2016). Ova nova tehnologija je očigledno namijenjena da ponudi bolja i/ili isplativija rješenja, ali nenamjerne posljedice nove tehnologije još uvijek mogu predstavljati izazov. Pregled nekih od neželjenih posljedica za kvalitet električne energije tehnologije pametnih mreža prikazan je u literaturi (Bollen i sur., 2017).

Gradovi i zajednice širom svijeta nastoje da postanu održiviji prelaskom na obnovljive izvore energije i uvođenjem električnog transporta i grijanja. Utjecaj i prikladnost takvih tehnologija za određeno područje u velikoj mjeri ovise o lokalnim uvjetima, kao što su karakteristike lokalne potražnje. Konkretno, oblik profila lokalne potražnje je važna odrednica za to koliko se obnovljiva energija može koristiti direktno, i kako punjenje električnih vozila i korištenje električnog grijanja pomoću toplotnih pumpi utječu na lokalnu mrežu.



Prelazak na proizvodnju obnovljive energije i održivi električni transport i grijanje postaje prioritet za mnoge gradove i zajednice širom svijeta (Facchini i sur., 2017; Cajot i sur., 2017). Kako bi se podržala integracija održivih tehnologija, kao što su solarne fotonaponske elektrane (eng. *Photo Voltaic*, PV), električna vozila (eng. *Electric Vehicle*, EV) i toplotne pumpe (eng. *Heat Pump*, HP), važno je razumjeti lokalne uvjete u dotičnim područjima. Konkretno, klasa korisnika energije i njihovi profili potražnje u velikoj mjeri određuju koliko se kapaciteta iz distribuiranih izvora energije može koristiti na lokalnoj razini, te kako na lokalnu mrežu utječu obnovljivi izvori energije i nova opterećenja.

2. Distribuirana proizvodnja električne energije

Distribuirana proizvodnja električne energije smatra se direktnim razvojem elektroenergetskog sistema u 21. stoljeću. Distribuirana proizvodnja se povezuje na distributivni sistemom koji je dalje direktno povezan sa drugim dijelovima elektroenergetskog sistema. U ovom radu opisan je uticaj distribuirane proizvodnje na prilike u elektroenergetskom sistemu.

2.1. Distribuirani generatori

Postoji više definicija i objašnjenja pojma distribuirani ili disperzni generatori, zavisno od države do države i njihovih zakonskih uređenja elektroenergetskog sistema (EES) i različitih tehnoloških standarda. Uglavnom pod distribuiranim generatorima se podrazumijevaju generatori manjih snaga, koji se priključuju direktno na distributivnu mrežu i koji za pogon koriste obnovljive izvore energije ili viškove energije iz nekog drugog tehnološkog (proizvodnog) procesa, npr. višak tehnološke pare iz gradskih toplana.

Samo ime distribuirani generator ili disperzni generator nastalo je zbog toga što su izvori energije koje oni koriste rasprostranjeni po cijelom teritoriju EES, tako da se ima pojava velikog broja malih elektrana koje nisu centralizovane nego su naširoko raspoređene po cijelom EES, zavisno od izvora energije koji koriste (Jenkins i sur., 2000).

Tehnička preporuka za priključenje malih elektrana na elektroenergetski sistem JP Elektroprivrede BiH definiše pojam distribuiranih generatora na slijedeći način (JP EP BiH, 2001).

Male elektrane (mE) su postrojenja koja u elektrodistributivnu mrežu isporučuju svu proizvedenu električnu energiju ili višak proizvedene električne energije po podmirenju vlastitih potreba, najveće pojedinačne ili ukupne snage 5 MW.

U male elektrane ubrajaju se:

- mali termoenergetski objekti u kojima se istovremeno proizvodi električna i toplotna energija, kao rezultat visoke energetske produktivnosti (mTE),
- male hidroelektrane (mHE),
- male elektrane na vjetar (mVE), i
- male fotonaponske elektrane (mPV).

Podrazumijeva se da je mala elektrana (mE) suštinski distribuirani generator (distribuirana elektrana).

2.1.1. Vrste distribuiranih generatora

Distribuirani generatori se razlikuju po vrsti energenta koji koriste. Neke vrste distribuiranih generatora koji se u svijetu najčešće koriste su:

- kombinovane toplane-elektrane (kogeneracijske elektrane),
- male hidroelektrane,



- vjetroelektrane na kopnu,
- vjetroelektrane na moru,
- solarne fotonaponske elektrane,
- gasne elektrane (koje rade na prirodni zemni gas),
- elektrane koje koriste biomasu (biomasa – drvo, slama i ostale materije organskog porijekla),
- elektrane koje koriste biogas (biogas se dobija raspadanjem organskih materija) i
- geotermalne elektrane.

2.2. Tehnički uticaji distribuiranih generatora na elektroenergetski sistem

Tehnički uticaj distribuiranih generatora na elektroenergetski sistem se ogleda u uticaju distribuiranih generatora na proizvodni sistem, uticaju distribuiranih generatora na prijenosni i distributivni sistem, kao i na generalne prilike u elektroenergetskom sistemu.

2.2.1. Uticaj distribuiranih generatora na proizvodni sistem

Pod proizvodnim sistemom podrazumjevaju se velike konvencionalne elektrane koje su smještene oko velikih izvora energije (rudnici ili velike hidro akumulacije).

Distribuirani generatori mogu umanjiti potražnju za izlaznom snagom velikih elektrana, ali sistem upravljanja postaje nesigurniji, jer je tada teže procijeniti stanje i potrebe u elektroenergetskom sistemu. Prema tome sistem operator koji upravlja elektroenergetskim sistemom zbog nemogućnosti upravljanja distribuiranim generatorima na način kojim upravlja velikim elektranama mora u sistemu uvijek imati dodatne rezerve, u odnosu na sistem bez distribuiranih generatora, kako bi održao cjelovitost i integritet elektroenergetskog sistema.

Nesigurnost koju izazivaju distribuirani generatori u elektroenergetskom sistemu može se opisati na način da je teško predvidjeti njihovu mogućnost proizvodnje u svakom trenutku. To je izraženo prvenstveno zbog izvora energije koje oni koriste (vjetar, sunčeva energija itd.), tako da se predviđanja proizvodnje vrše na osnovu meteroloških izvještaja koji ne moraju biti tačni (Jenkins i sur., 2000).

2.2.2. Uticaj distribuiranih generatora na prijenosni sistem

Uticaj na prijenosni sistem može biti pozitivan, ako se problem postavi na taj način da će tokom „vrha“ potrošnje (vršnog opterećenja) zbog rada distribuiranog generatora biti potrebno manje snage preuzeti iz prijenosnog sistema, tako da će se i na prijenosnim vodovima (zbog manje potražnje) smanjiti prijenos snage. Taj uticaj može biti veoma značajan ako se imaju prijenosni vodovi koji rade na gornjoj granici svoga kapaciteta. Također, taj uticaj može biti i negativan, npr. ako tokom „vrha“ potrošnje iz nekog razloga distribuirani generator prekine proizvodnju (ispadne sa mreže), tada naglo poraste snaga koja se povlači iz prijenosnog sistema koji je u tom periodu već preopterećen i radi na granici svoga kapaciteta (Jenkins i sur., 2000).

2.2.3. Tehnički uticaj distribuiranih generatora na distributivni sistem

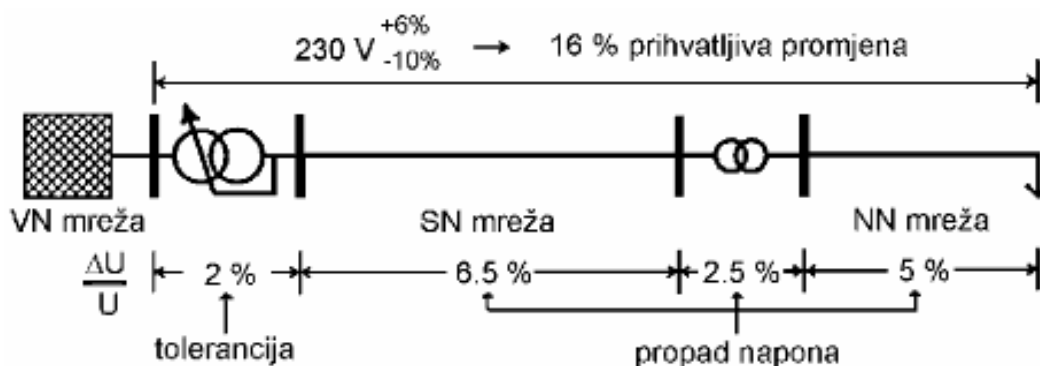
Distribuirani izvori utiču na kvalitet napajanja i tehničke aspekte poput snage kratkog spoja ili sistema zaštite (CIGRE, 1999). U pogledu kvalitete napajanja najčešće se posmatra kvaliteta napona. Pouzdanost opskrbe uglavnom se ne mijenja zbog integrisanja distribuiranih izvora koji se nalaze izvan sistema upravljanja iz hijerarhijski najvišeg sjedišta obzirom da izostaje izraženija korelacija s opterećenjem. Neki su utjecaji lokalne naravi i mogu se razriješiti korištenjem lokalnih mjerenja. Ostali aspekti većinom ovise o strukturi mreže, pa se stoga posmatraju u okviru dugoročnog planiranja.

Ovisnost između distribuiranih izvora i pogona mreže posmatra se unutar dva aspekta:

- Mrežna snaga: Ograničena je problemom stabilnosti napona i problemom strujne opteretivosti opreme. Povećanje mrežne snage izvedivo je u određenom rasponu vrijednosti optimizacijom postojećih stepeni slobode u pogonu mreže ili investiranjem u novu primarnu opremu;
- Priključni kriterij: Mogu doći pod utjecaj tehnologije distribuiranih izvora i ostalih lokalnih mjera. To se uglavnom primjenjuje na flikere, najveća odstupanja napona, struje kratkog spoja i selektivnost sistema zaštite.

U visokonaponskim mrežama priključni kriteriji uglavnom predstavljaju manji problem od strujne opteretivosti u normalnom pogonu i pri (n-1) kriteriju. Priključenje distribuiranih izvora na visokonaponsku mrežu u današnje vrijeme ulazi u okvire standardiziranih postupaka planiranja. U srednjenaponskim i niskonaponskim mrežama potrebno je pažljivije posmatrati napone u stacionarnim i prijelaznim režimima. Osnovno obilježje neupravljivih distribuiranih izvora odnosi se na fluktuacije izlazne snage koja nije u direktnoj vezi sa električnim opterećenjem. Rezultujuća fluktuacija napona u mreži superponira se na već postojeću fluktuaciju uzrokovanu promjenama električnih opterećenja. Superponiranje fluktuacija može dovesti do potrebe za proširenjem raspona napona u normalnom pogonu. Eventualnim proširenjem raspona napona troši se rezerva u mreži i povećava se raspoloživost mreže za dodatne potrošače.

Za sve potrošače koji su na niskonaponskoj mreži ograničenje napona uzima se u rasponu $230V +6\% / -10\%$. Za potrošače priključene na srednjenaponsku mrežu ograničenje se uzima prema $U_n \pm 10\%$. Sa Slike 1. zaključuje se da nakon oduzimanja najvećeg očekivanog propada napona u niskonaponskoj mreži ($\approx 5\%$) i na transformatorima lokalne mreže ($\approx 2,5\%$) te uključivanjem tolerancije regulatora napona transformatora između visokonaponske i srednjenaponske mreže ($\approx 2\%$), ograničenost raspona napona u srednjenaponskoj mreži može poprimiti iznos $\approx 6,5\%$.



Slika 1. Primjer proračuna prihvatljivog propada napona u srednjenaponskoj mreži (International Electrotechnical Commission, 2019).

Manji propad napona u niskonaponskoj mreži povećava snagu srednjenaponske mreže i obratno.

Potrebu za proširenjem napona zbog injektiranja snage iz distributivnih izvora moguće je ublažiti kompenzacijom reaktivne snage distribuiranih izvora. Na taj način bi se podržala optimizacija tokova reaktivne snage na višim naponskim nivoima. Iz tog razloga faktor snage distribuiranih izvora nije neophodno postaviti na konstantnu vrijednost (uglavnom 1) već dozvoliti određeni stepen slobode u svrhu zadovoljavanja lokalnih zahtjeva. Ukoliko već nije ograničeno prihvatljivim rasponom napona, priključenje distribuiranih izvora bilo bi ograničeno sa strujnom opteretivosti opreme koja je određena sa strujnim naprezanjem. Obično se pretpostavlja da termičko ograničenje struje može biti kratkotrajno narušeno, na primjer u uslovima brzog ponovnog uspostavljanja napajanja nakon kvara.



Priključenje distributivnih izvora koji imaju direktno spojene sinhronne ili asinhronne generatore može doprinijeti povišenju snage kratkog spoja iznad sposobnosti mrežne opreme. Snaga kratkog spoja je uobičajeno najvećeg iznosa u čvorovima VN/SN transformatora. U zavisnosti od konfiguracije mreže, snaga kratkog spoja u tom čvoru može doći na gornju granicu čak i kada u srednjenaponskoj mreži nema dodatnog izvora snage. U skladu sa time, u slučaju integriranja distribuiranih izvora potrebno je provjeriti snagu kratkog spoja za svaki pojedinačni slučaj priključenja i ako se pokaže neophodnim zadržati njen iznos unutar dozvoljenog raspona korištenjem odgovarajućih mjera unutar elektrane ili primjenom ograničavača struje kratkog spoja.

Zaštita proizvodnih jedinica kod distribuiranih izvora ne stvara posebne poteškoće i izvodi se pomoću standardne relejne opreme. Glavni izazov se pronalazi u projektovanju okruženja prema šemi zaštite te njegovoj koordinaciji prema mrežnim relejima i pogonskim uslovima. Sistemi zaštite u srednjenaponskim mrežama pretežno su zasnovani na radikalnosti pogona. Selektivnost prorade postiže se korištenjem nezavisnih nadstrujnih releja s vremenskim zatezanjem koji su pozicionirani bez razmatranja usmjeravanja. U slučaju pojave kvara isključuje se samo relevantna grana tako da preostali dio mreže nastavlja sa normalnim pogonom. Ukoliko postoji više disperziranih tačaka napajanja, sve grane s priključenim proizvodnim objektima napajaju mjesto kvara. To zapravo znači da ako sistem zaštite ne uspije izolovati distribuirani izvor od mreže dovoljno brzo po otkrivanju podnaponskog stanja, nezavisni nadstrujni releji sa vremenskim zatezanjem mogu neselektivno isključivati grane u mreži koje nisu pogođene kvarom. Selektivnost se u okvirima određenih ograničenja u takvim slučajevima postiže povećanjem vremenskog zatezanja ili povećanjem zone nedjelovanja sistema podnaponske zaštite. Za povećanje zone nedjelovanja ili odgađanje vremena prorade nezavisnih nadstrujnih releja nije u potpunosti moguće reći da ne stvaraju problem, posebno s obzirom na poželjnost brzog isključenja, izbjegavanje oštećenja opreme i sigurnost pogonskog osoblja. Osim toga, neophodno je omogućiti provođenje pouzdanog otkrivanja kvarova s malim strujama kvara. Posebno ukoliko sistemi imaju veći broj grana, postoji mogućnost nastanka problema vezanih uz koncept sistema zaštite tako da je nekada potrebno poduzeti i radikalne mjere (npr. postavljanje jednosmjernih nezavisnih releja s vremenskim zatezanjem).

Po pravilu pouzdanost napajanja obično ne biva povećana integracijom distribuiranih izvora koji su izvan sistema upravljanja vođenog iz hijerarhijski najvišeg središta. Naravno, pri projektovanju je nužno preventivno djelovati kako distribuirani izvori ne bi uticali na pouzdanost napajanja. Do toga može doći ukoliko selektivnost sistema zaštite postane ugrožena, učinkovitost automatskog ponovnog uključenja nije više zagarantovana ili se javi opasnost preopterećenja kablova nakon privremene promjene konfiguracije mreže. Također, naponi u stacionarnim režimima ne smiju prijeći prihvatljiva ograničenja pri vanrednim uslovima napajanja. U takvim slučajevima može biti neophodno izolovati distribuirani izvor od mreže ili opremiti distribuirani izvor automatskim ograničavačima napona.

Promjene tokova snaga praćene su promjenama gubitaka u mreži. Uz malo napajanje, gubici u mreži se smanjuju kako se period korištenje opreme smanjuje. Gubici u mreži se povećavaju kada distribuirana proizvodnja uveliko premašuje iznos opterećenja. Također, gubici se povećavaju kada je faktor snage u distribuiranoj napojnoj tački potrebno podesiti sa izrazitim induktivnim karakterom kako bi se osiguralo postojanje prihvatljivih pogonskih uslova u mreži. U principu, gubici u mreži nisu predmet pogonskih ograničenja, ali zbog ekonomičnosti potrebno ih je minimizirati.

Neupravljivi distribuirani izvori koji su priključeni na srednjenaponsku ili niskonaponsku mrežu povećavaju neophodne investicije u mreži. Njihova primjena uzrokuje potrebu za proširenjem očekivanih raspona napona čime se smanjuje mrežna snaga koja je potrebna za napajanje dodatnih potrošača (Dizdarević, Majstorović & Žutobradić, 1997).



2.2.4. Uticaj distribuiranih generatora na tokove snaga

Distributivna mreža je u većini slučajeva radikalna i izgrađena prije više desetina godina, tako da prilikom njene gradnje nije bilo planirano priključenje distribuiranih generatora. Tokovi snaga u distributivnim mrežama, bez distribuiranih generatora, teku u jednom smjeru, tj. od mjesta preuzimanja energije (transformatorske stanice između prijenosne i distributivne mreže), ka potrošačima.

Nakon priključenja distribuiranih generatora na distributivnu mrežu, dolazi do promjene smjera toka snaga i distributivni vodovi postaju dvostrano napajani (Jenkins i sur., 2000).

Ako je distribuirani generator priključen blizu mjesta velike potrošnje, onda će sva aktivna snaga koju generator proizvede biti odmah potrošena i praktično će se smanjiti potreban put koji energija treba preći do potrošača, a time se smanjuju i gubici u distributivnoj mreži. Međutim, ako je distribuirani generator ili grupa njih priključen na kraju radikalnog voda, distributivne mreže koja je slabo opterećena (najčešći slučaj u praksi), tada je moguće da distribuirani generator proizvede više energije, nego što je potrošači mogu potrošiti, tako da dolazi do pojave da distributivna mreža predaje aktivnu snagu u prenosni sistem (što nije uobičajeni tok snaga). Pošto je distribuiranu proizvodnju teško kontrolisati i njome upravljati na konvencionalan način, taj problem itekako dobija na značaju.

Lako se može desiti da u mrežama koje nisu imale problema sa preopterećenjem, nakon priključenja distribuiranih generatora, te mreže rade blizu svojih gornjih prijenosnih opterećenja (Jenkins i sur., 2000).

2.3. Ekonomski uticaj distribuiranih generatora na distributivni sistem

Posmatrano sa ekonomskog stajališta, distribuirani generatori mogu povećati ili smanjiti gubitke u distributivnoj mreži tako da mogu uticati negativno ili pozitivno na ekonomske rezultate distributivnih kompanija. Dakle, ako su distribuirani generatori priključeni na distributivnu mrežu koja ima veliki konzum, smanjuje se put potreban da energija dođe do potrošača, samim time se smanjuju i troškovi koje izazivaju gubici u mreži. Sasvim je suprotna slika ako je distribuirani generator priključen na mrežu malog konzuma, tada se gubici u distributivnoj mreži povećavaju na značajan nivo i distributivne kompanije su na gubitku.

Distribuirani generatori nemaju ulogu regulatora napona u mreži, ali bi se to moglo urediti određenim mrežnim pravilima, tako da tokom velikih (vršnih) opterećenja generator u mrežu injektira reaktivnu snagu, a tokom minimalnog opterećenja mogao bi reaktivnu snagu da vuče iz mreže. Takav pokušaj uređenja rada distribuiranih generatora uveden je u Danskoj za generatore koji su instalirani u kombinovanim toplanama – elektranama (kogeneracijske elektrane). U stvari urađeno je to da distribuirani generatori rade u tri režima zavisno od doba dana. U periodu vršnog opterećenja generatori u mrežu injektiraju reaktivnu snagu, dok u periodu slabog opterećenja generatori rade sa jediničnim faktorom snage ili ako je to potrebno u poduzbuđenom režimu (vuku reaktivnu snagu iz mreže) (Jenkins i sur., 2000).

Treba naglasiti da zaštitna tehnika i ostala oprema u distributivnim mrežama priključenjem distribuiranih generatora više nije adekvatna, niti po snazi niti po parametrima na koje je podešena zaštita, te su zbog toga potrebna dodatna finansijska ulaganja.

3. Zaključak

Ovim radom objašnjen je pojam distribuiranog generatora i načini proizvodnje električne energije iz ovih izvora. Obraden je uticaj distribuiranih generatora na elektroenergetski sistem. Naime, svaka proizvodnja električne energije i tehnologija koja je takva da je integrirana u distributivni sistem uklapa se pod pojmom distribuirane proizvodnje. Smatra se da postoji velika korist od distribuiranih generatora u elektroenergetskoj mreži, tako što štedi ulaganja, poboljšava opskrbu elektroenerget-



skog sistema, smanjuje zagađenost ili donosi druge benefite. U posljednjih nekoliko godina napreduju istraživanja u vezi sa distribuiranim generatorima, te se smatra da će distribuirani generatori igrati sve veću ulogu u elektroprivrednim preduzećima.

Uticaj distribuiranih generatora na elektroenergetski sistem je mnogostruk. Distribuirani generatori mogu umanjiti potražnju za izlaznom snagom velikih elektrana. Zbog rada distribuiranog generatora moguće je smanjiti transfer snage preko prijenosnih vodova i na taj način smanjiti gubitke u prijenosnom sistemu pri prijenosu snage. Osim toga, nakon priključenja distribuiranih generatora na distributivnu mrežu, dolazi do promjene smjera tokova snaga i distributivni vodovi postaju dvostrano napajani.

Posmatrajući generalno može se zaključiti da integracija solarnih fotonaponskih sistema može pozitivno uticati na distributivne mreže električne energije jer se može iskoristiti za smanjenje njihovog vršnog opterećenja. Različite tehnologije pametnih mreža imaju specifičan i različit uticaj, ali pažljiv i profesionalan pristup u njihovom radu može dovesti do boljih uslova u distributivnim mrežama i većeg zadovoljstva svih aktivnih i pasivnih korisnika mreže.

Koristeći pretpostavke dobijene na osnovu svjetskih iskustava potrebno je predvidjeti rast udjela distribuiranih generatora kao proizvođača električne energije i rast udjela savremenih potrošača električne energije. Na osnovu toga moguće je napraviti analizu njihovog uticaja na elektroenergetsku distributivnu mrežu u određenim budućim vremenskim intervalima. Dobijena istraživanja bi se mogla u budućnosti primjenjivati na sva područja koja su ista ili slična po sastavu potrošača električne energije i po urbanoj razini u koju se svrstavaju. Naravno, neophodno je u razmatranje uzeti trenutni ekonomski status, ekonomski rast i razvoj posmatranog područja, kao i određene klimatske i geografske uticaje.

Na taj način bi se dobila šira slika trenutnih mogućih proširenja kapaciteta u smislu proizvodnje i potrošnje posmatranog elektroenergetskog sistema ili dijela sistema. U skladu s tim dobile bi se informacije o potrebnim budućim proširenjima kapaciteta elektroenergetskog sistema i planiranju ulaganja u elektroenergetski sistem.

4. Literatura

- [1] Tagare, D.M. (2011). *Electricity Power Generation: The Changing Dimensions*. Wiley – IEEE Press.
- [2] Bollen, M. & Hassan, F. (2011). *Integration of Distributed Generation in the Power System*. Wiley-IEEE Press.
- [3] Staffell, I., Brett, D.J.L., Brandon, N.P. & Hawkes, A.D. (2015). *Domestic Microgeneration: Renewable and Distributed Energy Technologies, Policies and Economic*, Routledge: Abingdon, UK.
- [4] International Energy Agency, (2016a). *Medium-Term Renewable Energy Market Report 2016—Market Analysis and Forecasts to 2021*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/medium-term-renewable-energy-market-report-2016>
- [5] International Energy Agency, (2016b). *Global EV Outlook 2016—Beyond One Million Electric Cars*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2016>
- [6] Matulka, R. (2014). *The History of the Electric Car*. Department of Energy, Washington, DC, USA.
- [7] Wu, Q. (2013). *Grid Integration of Electric Vehicles in Open Electricity Markets*. Wiley.
- [8] Chua, K.J., Chou, S.K. & Yang, W.M. (2010). Advances in Heat Pump Aystems: A Review. *Applied Energy*, 8(12), 3611–3624.
- [9] Waide, P. (2010). *Phase out of Incandescent Lamps - Implications for International Supply and Demand for Regulatory Compliant Lamps*. IEA Energy Papers, No. 2010/05, OECD Publishing.



- [10] Bollen, M. (2011). *The Smart Grid: Adapting the Power System to New Challenges*. Springer Cham.
- [11] Hatziargyriou, N. (2014). *Microgrids: Architectures and Control*. Wiley - IEEE Press.
- [12] Liu, C. C., McArthur, S. & Lee, S.J. (2016). *Smart Grid Handbook*. Wiley.
- [13] Bollen, M.H.J., Das, R., Djokic, S., Ciufu, P., Meyer, J., Rönnberg, S.K. & Zavoda, F. (2017). Power Quality Concerns in Implementing Smart Distribution-grid Applications. *IEEE Trans. Smart Grid*, 8, 391–399.
- [14] Facchini, A., Kennedy, C., Stewart, I. & Mele, R. (2017). The Energy Metabolism of Megacities. *Applied Energy*, 186(2), 86–95.
- [15] Cajot, S., Peter, M., Bahu, J.M., Guignet, F., Koch, A. & Maréchal, F. (2017). Obstacles in Energy Planning at the Urban Scale. *Sustain Cities Soc*, 30, 223–236.
- [16] Jenkins, N., Allan, R., Crossley, P., Kirschen, D. & Strbac, G. (2000). Embedded Generation. *The Institution of Electrical Engineers*, London.
- [17] JP EP BiH. (2001). Tehnička preporuka za priključenje malih elektrana na elektroenergetski sistem JP EP BIH. Sarajevo.
- [18] CIGRE. (1999). Impact of Increasing Contribution of Dispersed Generation on the Power System. CIGRE.
- [19] International Electrotechnical Commission: www.iec.ch/smartgrid/background/explained.html, pristupljeno: januar 2024.
- [20] Dizdarević, N., Majstorović, M. & Žutobradić, S. (1997). Distribuirana proizvodnja električne energije. *Energetski institut Hrvoje Požar*, Zagreb, Hrvatska.

NUCLEAR ENERGY IN SERBIA AS PART OF THE GREEN ENERGY TRANSITION: OVERVIEW OF POTENTIAL AND OPPORTUNITIES

NUKLEARNA ENERGIJA U SRBIJI KAO DEO ZELENE ENERGETSKE TRANZICIJE: PREGLED POTENCIJALA I MOGUĆNOSTI

PhD **Predrag Kuzmanović**^{1,2*}

PhD **Jovana Knežević Radić**²

¹University “Privredna Akademia”, Faculty of Technical Sciences, Petra Kočića 6, 76100 Brčko District, Bosnia and Herzegovina

²University of Novi Sad, Faculty of Sciences, Department of Physics, Trg Dositeja Obradovića 4, 21000 Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: Predrag Kuzmanović, Trg Dositeja Obradovića 4, 21000 Novi Sad; e-mail: predrag.kuzmanovic@df.uns.ac.rs

UDK: 621.383.51:502.131.1(497.11)

DOI: 10.7251/AKPR2401084K

Abstract: The importance of nuclear energy as a potential driver of green development is increasing as global concerns about climate change and environmental sustainability grow. By ratifying the Paris Agreement, Serbia committed to reducing greenhouse gas emissions by 13.2% by 2030 compared to 2010 levels. Serbia generates around 70% of its electricity in low-quality lignite-fired thermal power plants, resulting in significant CO₂ emissions. This study examines the role of nuclear energy in Serbia as part of a broader process of green energy transition, with a particular focus on challenges related to the shortage of expertise in this field. Serbia faces the challenge of achieving energy sustainability and reducing greenhouse gas emissions while ensuring a reliable and economically sustainable energy supply. In this context, nuclear energy can be a key element in diversifying the energy mix and reducing dependence on fossil fuels. This paper analyzes the current state of the energy sector and the potential applications of nuclear energy in Serbia, including existing capacities, regulatory frameworks, and potential challenges, such as the shortage of experts in this field. The lack of qualified personnel, coupled with the current moratorium on the construction of nuclear power plants, could pose a serious obstacle to the development of nuclear energy in the country, necessitating the identification of strategies for attracting, training, and retaining experts in this field. Through an interdisciplinary approach covering technical, regulatory, and social aspects, this paper provides a comprehensive analysis of the potential and opportunities for nuclear energy in Serbia as part of a strategy to achieve energy sustainability, while addressing challenges related to the shortage of expertise.

Key words: Nuclear energy, Serbia, Nuclear power plants, Study program, Green energy transition.

Apstrakt: Važnost nuklearne energije kao mogućeg pokretača zelenog razvoja raste kako raste zabrinutost širom sveta oko klimatskih promena i ekološke održivosti. Ratifikovanjem Pariskog sporazuma, Srbija se obavezala da do 2030. godine smanji emisiju gasova staklene bašte za 13,2% u odnosu na nivo iz 2010. godine. Srbija oko 70% električne energije proizvodi u termoelektranama koje kao gorivo koriste lignit lošeg kvaliteta što generiše orgomne količine CO₂ u atmosferi. U ovom radu je istraživana uloga nuklearne energije



u Srbiji kao deo šireg procesa zelene energetske tranzicije, uz poseban osvrt na izazove u vezi sa nedostatkom kadrova u ovoj oblasti. Srbija se suočava sa izazovom postizanja energetske održivosti i smanjenja emisije gasova sa efektom staklene bašte, dok istovremeno osigurava pouzdano i ekonomski održivo energetske snabdevanje. U tom kontekstu, nuklearna energija može predstavljati ključni element u diversifikaciji energetske miksa i smanjenju zavisnosti od fosilnih goriva. Ovaj rad analizira trenutno stanje energetske sektora i mogućnosti primene nuklearne energije u Srbiji, uključujući postojeće kapacitete, regulatorni okvir i potencijalne izazove, uključujući nedostatak stručnjaka u ovoj oblasti. Nedostatak kvalifikovanih kadrova uz važeći moratorijum o izgradnji nuklearnih elektrana može predstavljati ozbiljnu prepreku za razvoj nuklearne energije u zemlji, te je neophodno prepoznati strategije za privlačenje, obuku i zadržavanje stručnjaka u ovoj oblasti. Kroz interdisciplinarni pristup koji obuhvata tehničke, regulatorne i socijalne aspekte, ovaj rad pruža sveobuhvatnu analizu potencijala i mogućnosti za nuklearnu energiju u Srbiji kao deo strategije za postizanje energetske održivosti, uz istovremeno rešavanje izazova u vezi sa nedostatkom kadrova.

Ključne reči: Nuklearna energija, Srbija, Nuklearne elektrane, Studijski program, Zelena energetska tranzicija.

1. Introduction

The modern understanding of economic growth has focused on targeted green and clean energy technologies to make a successful departure from traditional economic growth and achieve a green transition because the conventional idea of growth relies on a laissez-faire approach resulting in environmental degradation (Gao et al., 2024).

The extensive use of fossil fuels in carbon-based industrial production and transportation systems is the primary cause of rising global carbon (CO₂) emissions. The structure of the economies of the countries of the world is a significant driver of their growing carbon footprint because it leads to greater production and greater use of energy. Increasing global investment and implementation of zero-emission technologies can reduce the severity of future crises by improving energy access, competitiveness, availability, conservation, and sustainable use, while simultaneously protecting the environment and ensuring the long-term sustainability of economies around the world (Imran et al., 2023).

The key to reducing global CO₂ emissions is the widespread adoption of renewable energy sources. Technical innovation is a key to environmental and economic progress. The primary goal of alternative energy is to eliminate fossil fuel-based emissions, improve air quality, improve energy security, and promote sustainable economic growth. Advances in innovation play a vital role in designing effective policies to reduce carbon emissions. Social and economic progress and the growth of renewable energy sources are key to ensuring a habitable planet. The green economy, which prioritizes energy efficiency, is growing rapidly due to the transition to an energy-saving economy and the increasing share of non-fossil energy in the energy supply system, while ensuring the safe development of renewable and nuclear energy (Liu et al., 2023).

Nuclear power is responsible for the majority of electricity generation in the United States while avoiding greenhouse gas emissions. By offering consistent and reliable electricity, nuclear power can alleviate the world's reliance on non-renewable energy sources. Nuclear power plants offer a reliable source of energy and stable prices over longer periods, thus increasing energy security. The safety and efficiency of nuclear power plants have been improved through the application of technology and regulation, regardless of safety and waste management concerns. Nuclear power produces 20% of electricity in the US (Liu et al., 2023).



Several countries around the world are moving away from nuclear power due to safety concerns and the prohibitive cost of dismantling existing reactors. In recent years, the European electricity industry has made great strides towards reducing carbon emissions. However, there is still a lot of work to be done to fully decarbonize the transport and heating industries, the two biggest producers of CO₂. The European Union hopes to produce at least 32% of its energy from renewable sources by 2030. In 2020, renewable energy accounted for 17.5% of gross final energy consumption in the European Union. Almost two-thirds of the reduction in emissions from 1990 to 2020 can be attributed to the electricity sector, making it the most critical contributor to the decarbonization of the European Union economy. By 2030, the European Union plans to reduce its greenhouse gas emissions by at least 55% compared to 1990 levels (Imran et al., 2023).

All EU member states have set some of the most ambitious climate and energy targets for 2050, and the EU is the first region in the world to adopt binding legislation to achieve them. The EU's main goals for 2030 are to reduce greenhouse gas emissions by at least 40% compared to 1990, meet at least 27% of total energy consumption from renewable sources, and increase energy efficiency by at least 27%. The EU's long-term goal by 2050 is to reduce greenhouse gas emissions by 80%–95% compared to 1990 (Jovanović et al., 2023).

Serbia continues to harmonize its laws with the regulations of the European Union in order to meet the goals set for 2030 in relation to renewable energy sources, energy efficiency and the reduction of greenhouse gas emissions. In 2015, the Republic of Serbia adopted and signed the Paris Agreement, which is a global agreement to combat climate change. With this act, Serbia undertook to contribute to the global reduction of greenhouse gas emissions. In addition, the Sofia Declaration on the Green Agenda for the Western Balkans was signed, which obliges Serbia and other countries in the region to implement concrete measures, including the introduction of a CO₂ tax, the promotion of market models to support renewable energy sources, and the gradual abolition of coal subsidies (Jovanović et al., 2023).

The conflict between Russia and Ukraine in 2022 has caused one of the worst global energy crises since the 1970s. European countries began to look for alternatives to the Russian energy supply. This has fueled discussions on energy independence and renewable energy sources, highlighting the need for a sustainable energy transition. The European Union's package of proposals for mitigating climate change focuses on three main energy goals: ensuring a secure and affordable energy supply, integrating and digitizing the energy market, as well as improving the energy efficiency of buildings, and developing renewable energy sources. However, Poland opposes the Green Deal due to the high dependence of its economy on coal compared to other EU members (Pieńkowski, 2024).

A review paper (Pieńkowski, 2024) provides critical arguments for the recognition of nuclear energy as a sustainable energy source. To this end, it points out the social, environmental, and economic risks that are ignored or downplayed in many studies that support nuclear energy development policies. The nature of the nuclear power plan is said to be unsustainable in Poland.

In a recent study (Jovanović et al., 2023), various scenarios related to the energy stability of Serbia until 2050 were analyzed, in which the sustainability of electricity supply through the construction of a 1000 MW nuclear power plant is predicted. Nuclear power plants are considered a stable and reliable source of electricity, providing clean energy whose price rivals that of coal-fired electricity, and surpasses the cost of energy produced from renewable sources. Although nuclear power plants are viewed negatively by the public today due to issues of radioactive waste management and safety, in the long term they are considered to be a key solution for the supply of electricity. As a temporary solution for achieving the goals of the Green Agenda, the construction of a 1000 MW nuclear power plant would meet the demand for electricity in Serbia. Social, economic, and environmental acceptability, as well as the competitiveness of small and medium-sized nuclear reactors, are predicted in the scenarios "with measures" and "with additional measures" for the year 2050 (Jovanović et al., 2023).



In the research (Jovanović et al., 2023) an overview of the literature dealing with energy transitions to renewable energy sources for Germany, Portugal, North Macedonia, China, Denmark, the Aland Islands, and South Africa is given, and each country considered an adapted scenario of fossil fuel replacement. Here it is necessary to bear in mind that each individual country is dependent on fossil fuels in its own way.

The goals of this research are: Assessment of the potential of nuclear energy in Serbia as part of the transition to green energy, taking into account the current energy system of Serbia; Identification of opportunities and challenges in the development of nuclear energy; Analysis of existing resources, opportunities and regulatory framework relevant to the implementation of nuclear energy; Analysis of public opinion and citizens' perception of nuclear energy in Serbia; Researching the lack of personnel in the field of nuclear energy and proposing measures to overcome them.

2. Methodology

In the sphere of the latest events at the global and domestic level, there are opportunities for the construction of a nuclear power plant that would, together with renewable energy sources, give zero CO₂ emissions by 2050, starting from the fact that the Government of Serbia, today in 2024, is starting to think about the possible construction of a nuclear power plant.

This paper analyzes and discusses the eventual introduction of nuclear energy, which by 2050 would replace coal as the dominant emergent in the production of electricity in Serbia. The latest research (Jovanović et al., 2023) predicted different scenarios for the sustainable supply of electricity to households and the economy in Serbia, of which the construction of a nuclear power plant with an installed capacity of 1000 MW is foreseen.

First, the energy development strategy of Serbia was analyzed according to the adopted document of the Assembly of the Republic of Serbia in 2015. A brief overview of the power plants in the world that are currently being built and which Serbia is surrounded by is given. Aspects of the impact of this form of energy on the environment were analyzed. The influence of the latest political events and the attitudes of officials in Serbia related to this area is presented. Earlier experiences that Serbia has in this area are listed, and they concern research reactors. Then an analysis of the missing personnel was carried out and guidelines were given for the formation of local personnel along with concrete sustainable measures that need to be implemented in order to accredit at least one study program in this field. Finally, the social dimension regarding the introduction of this form of energy in Serbia was analyzed along with concrete measures that need to be implemented in this field in order for the population to accept nuclear power plants as a useful industrial facility as easily as possible while eliminating and mitigating existing fears.

Special emphasis in this paper is placed on the education of the staff who are missing through the establishment of a study program and accreditation at one of the Universities in Serbia according to the valid Rulebook for accreditation of study programs (Official Gazette RS, 13/19, 1/21, 19/21, 51/23, 2023). By analyzing the study programs in other countries in the world in the field of nuclear engineering and technology, it established which are the basic subjects that faculties in Serbia, which already have study programs in a related field, lack. Concrete proposals are given related to the accreditation of study programs that would train future engineers in this field, which Serbia currently lacks.

All analyses and discussions were carried out on the basis of the laws and legal documents of Serbia with the application of the latest scientific knowledge and conclusions in this field.



3. Electricity sector of Serbia

The current situation in Serbia's electric power sector is characterized by increased net import of electricity, aging and inefficiency of existing production capacities, as well as a predominant reliance on coal in the production of electricity. In Serbia's energy strategy (Official Gazette RS, 101/2015), electricity production from coal still dominates. About 70% of the total electricity consumption in the country comes from thermal power plants that use high-quality lignite, whose calorific value is about 7500 kJ/kg, with 15.9% ash content and 52% moisture. Serbia has enough coal reserves for the next 45 years, with the current level of exploitation. The mining basins of Kolubar and Kostolac are the main producers of lignite, which is used in thermal power plants such as Kolubara, Nikola Tesla, Kostolac and Morava (Jovanović et al., 2023).

In 2022, the capacities for electricity production in Serbia are shown in Table 1. The total net installed power of power plants in Serbia is 8,522 MW, excluding those in the territory of the autonomous province of Kosovo and Metohija, which includes power plants of independent producers. Within the public company Elektroprivreda Srbije, which is the dominant producer of electricity, 4,429 MW are installed in lignite thermal power plants, 2,941 MW in hydropower plants, 330 MW in natural gas or fuel oil thermal power plants, while 18 small hydropower plants are connected to the distribution system with 39 MW (AERS, 2022).

Table 1. Capacity for electricity production in 2022 in Serbia
(without the Autonomous Province of Kosovo and Metohija) (AERS, 2022).

Type of power plant	Number of power plants	Installed power (MW)	Submitted to the electrical grid (MWh)
Hydropower plants	14	2,941	8,893,157
Thermal power plants	7	4,429	21,413,202
Thermal heating plants	3	526	1,058,351
Wind power plants	4	373	876,007
Small power plants-independent producers	373	254	871,858
Solar power plants	0	0	0
Nuclear power plants	0	0	0
Total	401	8522	33,112,575

The structure of production capacities without power plants on the territory of the Autonomous Province of Kosovo and Metohija is shown in Figure 1. The share of the power of thermal power plants and thermal heating plants is 58.1%, hydropower plants connected to the transmission system 34.5% (one of which is a reversible hydropower plant power of 2 x 307 MW, the share of wind power plants connected to the transmission system is 4.4% and 3.0% of the installed capacities are small power plants connected to the distribution system (AERS, 2022).

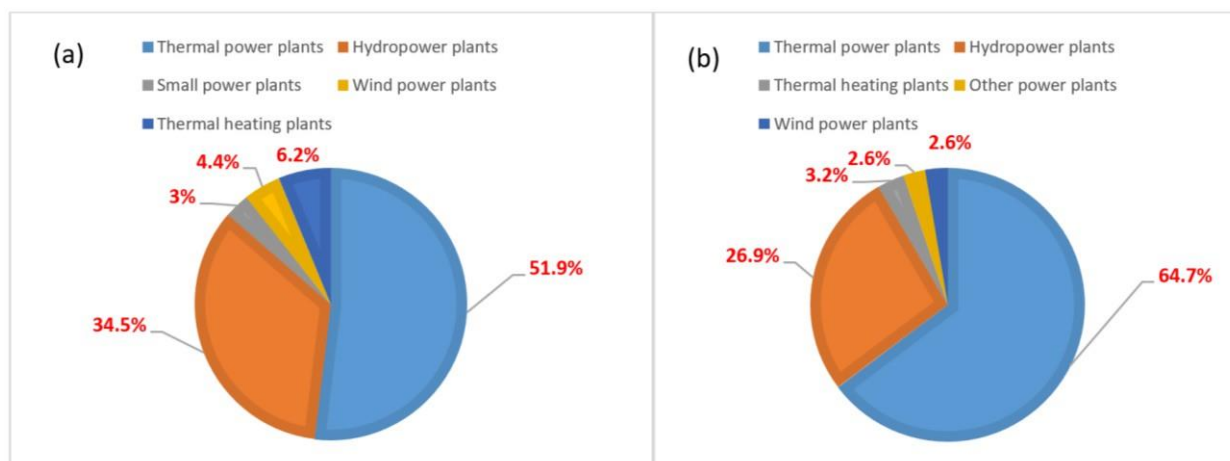


Figure 1. (a) Structure of production capacities and (b) Structure of produced electricity in 2022 (without the autonomous province of Kosovo and Metohija) (AERS, 2022).

3.1. Electricity consumption in Serbia in 2022.

In 2022, 33.11 TWh of electricity was produced in Serbia, and the gross consumption of electricity was 34.79 TWh. Consumption by end customers was 30.24 TWh, and the rest was used for power plant operation, pumping needs in the reversible hydroelectric power plant and pumping plant, and for compensation of electricity losses in electricity transmission and distribution networks. According to the data of the electricity supplier, 6.2 TWh was imported in 2022, which is 0.8 TWh more than the previous year, and 3.4 TWh was exported, which is 1.4 TWh less than in 2021. As a result of the breakdown of the largest thermal power plant in the system at the end of 2021 and insufficient quantities of quality coal, imports were the highest in the first quarter of 2022. Exports were pronounced in the last quarter of the year thanks to good hydrological conditions and a mild winter. The highest daily gross consumption in Serbia of 130,179 MWh was achieved on January 25, 2022, and on the same day at 10 a.m., the maximum hourly load was achieved in the amount of 5,935 MW (AERS, 2022).

3.2. Energy development strategy of Serbia

In 2015, the National Assembly of the Republic of Serbia adopted the Energy Development Strategy of the Republic of Serbia until 2025 with projections until 2030. This strategy states that the Republic of Serbia does not have balance reserves of nuclear raw materials. Geological reserves of uranium ore amount to about 9.2 million tons, of which about 2.6 million tons are off-balance sheet reserves, with a more detailed level of research. Potential uranium reserves are estimated at around 1,000 tons (Official Gazette RS, 101/2015).

As for the possibility of using nuclear energy, the Law on the Prohibition of the Construction of Nuclear Power Plants (Official Gazette FRY, 12/95 and RS, 85/05), transferred on the basis of succession from the SFRY, is still in force, there is currently no regulatory and administrative framework that would regulate the construction and operation of nuclear power plants. Also, in Serbia, there is a lack of scientific or professional staff that would monitor the construction and operation of these nuclear power plants, and the training of staff for the needs of nuclear energy has been stopped. A similar situation is in the administrative-regulatory and scientific-professional sense with the treatment of highly radioactive waste and spent nuclear fuel. It should also be borne in mind that this is energy-based on imported fuels. However, the construction of nuclear power plants as a possibility should not be completely ruled out, given the environmental limitations for existing production and future needs. It is estimated that 10-15 years from the moment of the repeal of the Law on the Prohibition

of the Construction of Nuclear Power Plants would be the minimum necessary period to overcome all the listed problems and shortcomings, until the possible start of operation of such a plant in the Republic of Serbia (Official Gazette RS, 101/2015).

In order to reduce greenhouse gas emissions at the level of the “Energy Roadmap to 2050” announcement, according to currently commercially available technologies, in addition to an even more intensive level of energy efficiency measures and the introduction of RES, it would be necessary to introduce nuclear plants into the energy sector of the Republic of Serbia. However, the period up to the middle of this century is long and in it, we can expect significant breakthroughs in technologies that are now at the level of experimental plants or even just theoretical elaboration (production and use of hydrogen, fuel cells, nuclear fusion, etc.). For the Republic of Serbia, given the available lignite reserves, the development of “clean coal” technologies that include CO₂ storage could be of key importance (Official Gazette RS, 101/2015).

4. Nuclear power plants in the world and the surrounding area

According to data from the International Atomic Energy Agency as of March 15, 2024, there are currently 415 Nuclear Power Reactors in Operation with 373,257 MWe total capacity in the world. There are currently 57 Nuclear Power Reactors being constructed in the world with 59,220 MWe total capacity. In the world, there are 209 Nuclear Power Reactors shut down with 105,095 MWe total capacity. Currently, the most nuclear reactors are being built in China - 23, 7 in India, 4 in Egypt, and 3 in Russia (IAEA, 2024). Figure 2 shows the nuclear countries, dominated by China, the USA, and France as the three most active countries in this area. Serbia is currently a non-nuclear country. Certain countries in Europe are moving towards shutting down nuclear power plants, such as Germany, while France is constantly increasing the number of nuclear reactors because it gets about 70% of its electricity from nuclear power plants. Serbia has 4 nuclear power plants in its surroundings: Krsko in Slovenia, Paks in Hungary, Kozloduy in Bulgaria, and Cernavodă in Romania. Hungary is currently building the Paks 2 nuclear power plant with Rosatom and is financing it with a Russian loan. Bearing this in mind, Serbia is surrounded by 4 nuclear power plants, of which Paks in Hungary and Kozloduy in Bulgaria are located near the border with Serbia. Therefore, there is no reason why Serbia does not have its own nuclear power plant this way compensates for the lack of electricity and thereby gradually contributes to decarbonization and a stable and continuous supply of electricity to consumers from its own sources, which leads to complete energy independence from imports.

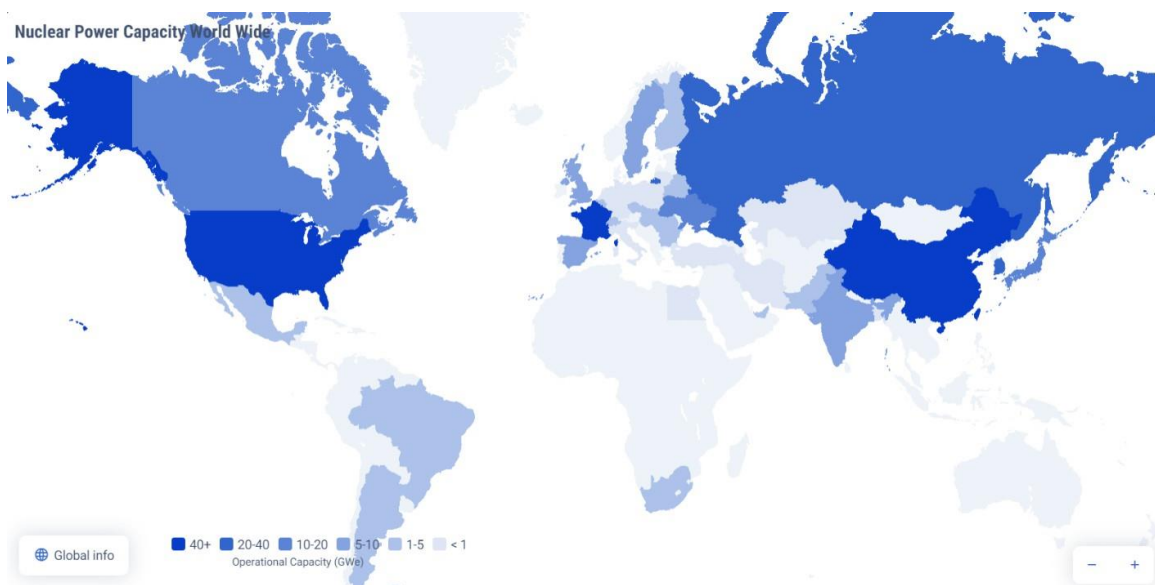


Figure 2. Operational Capacity (GWe) of nuclear reactors in countries around the world (IAEA, 2024).



Therefore, Serbia does not have a nuclear power plant, but it takes all the necessary protection measures because there are a dozen reactors in its vicinity, 60 to 400 kilometers away. By simulating accidents, the International Atomic Energy Agency (IAEA) constantly checks the safety of nuclear power plants in the world. Serbia is also included in those exercises.

The fact that there is a nuclear power plant in the surrounding countries does not mean that Serbia is not threatened in this regard. In Serbia, there is a system for early warning of accidents, which is part of the network established by the IAEA.

5. The impact of nuclear energy sources on the environment

Green technology is used to solve the problem of energy consumption and ensure that all indicators of energy use are efficient and cost-effective, contributing to a cleaner environment (Imran et al., 2023).

The electricity sector of Serbia is one of the biggest polluters of the environment, because the production of electricity is mainly based on fossil fuels (mainly low-quality domestic lignite, gas, and oil), and the reduction of CO₂ emissions is a pressing need. Thermal power plants in Serbia emitted over 27.3 million tons of CO₂ due to the burning of low-quality lignite in 2019, of which only the Nikola Tesla thermal power plant in Obrenovac emitted over 20.3 million tons, 361,000 tons of SO₂ and significant amounts of ash and suspended PM10 particles, which seriously affect the health of residents and the proximity of thermal power plants as well as residents throughout Serbia (Jovanović et al., 2023).

Some studies show the remarkable advantages of nuclear energy in terms of climate policy goals and many other environmental aspects of this energy. The issue of its non-renewability is generally accepted due to the limited and non-renewable (depleted) ores of fissionable isotopes used in this sector. The United Nations ranked nuclear power third, behind offshore and onshore wind power, in terms of life-cycle greenhouse gas emissions per unit of final energy supplied (ie, gCO₂ eq/kWh) (Pieńkowski, 2024).

Regardless of scientific reservations, the environmental impact of nuclear energy production is considered relatively small, with low but not zero greenhouse gas emissions. Nuclear energy stands out in particular compared to the use of other non-renewable resources, although its competitiveness in relation to renewable sources depends on the type of renewable sources, as well as on the spatial conditions of their production and technology. However, the most controversial arguments are related to the possibility of recycling nuclear fuel. The new nuclear technology of fourth-generation reactors is considered “not widespread and not fully developed”. There are currently no generation IV systems and a fuel cycle plant in commercial operation, but the technology is considered a promising trend for closing nuclear production cycles. Therefore, the currently best available nuclear technology (III/III+ generation reactors) is analyzed in the context of open production cycles and growing stocks of radioactive waste. At the same time, there is increased efficiency in the use of fissionable isotopes and new technology is emerging. Although the amount of nuclear waste is relatively small compared to many other sources of energy, their adverse impact on health and the environment is disproportionately greater, posing security challenges (Pieńkowski, 2024). Waste management from nuclear power plants is becoming an important parameter, especially for countries considering the construction of nuclear power plants, such as Serbia.

If the findings of previous studies are taken into account, it is observed that nuclear energy has a strong positive impact on economic growth and carbon dioxide (CO₂) emissions. Fossil fuels still account for the largest share of total energy production, causing environmental degradation. Increasing use of nuclear power and other renewable energy sources is more likely to reduce CO₂ emissions due to their carbon-free nature (that is, very low CO₂). Another advantage of relying on nuclear energy is that the pressure of rising oil prices on importing countries helps to improve their balance of



payments problem and meet their energy needs. However, the production of nuclear energy and the development of nuclear power plants require huge investments, but the costs of nuclear energy are more stable and are not affected by changes in international fuel prices (Gao et al., 2024).

Nuclear energy plays a key role in achieving a sustainable solution for environmental protection and efficient use of energy. Several countries have wisely used nuclear power to meet their energy needs and reduce the burden on rapidly depleting fossil fuel resources. Nuclear power generation is key to sustainable development as it provides a reliable source of energy without carbon emissions. With the increase in global demand for energy, the world is increasingly turning to renewable energy sources. However, the lack of these resources has led many countries to reconsider the use of nuclear energy, which can meet growing energy needs. However, the use of nuclear energy requires careful consideration of many factors, including operational safety, radioactive waste disposal, the threat of proliferation of nuclear materials, public perception, and social activism against nuclear energy (Gao et al., 2024).

Serbia has several laboratories that are accredited for monitoring radioactivity in the environment, located in Belgrade and Novi Sad, which could at any time be included in the project of ensuring continuous monitoring of the state of the environment: water, air, and soil from the aspect of radioactivity. The work of these laboratories involves a large number of doctors of science in the fields of nuclear physics and physical chemistry. The laboratories have accredited methods both for sampling and for measuring radioactivity levels (individual radionuclides) as well as the ambient dose equivalent, so in this sense, Serbia is fully prepared to participate in this project of the Government of Serbia. The laboratories are actively cooperating with the regulatory body in charge of nuclear safety and security in Serbia. It is necessary to work additionally on the formation of experts for the management of radioactive waste through the educational system and the transfer of knowledge from other countries in the world.

6. Politics and nuclear energy in 2024

Serbia is in the process of accession negotiations with the European Union and has undertaken to reduce the emission of greenhouse gases, which was also confirmed in the documents resulting from the Paris Agreement. Within the European Union, the limits for total permitted emissions from thermal power plants are gradually decreasing, with emissions in 2020 being 21% lower than in 2005, and by 2030 an additional reduction of 43% is predicted. This agreement stems from the process of accession of the Republic of Serbia to the European Union, but also from the need to implement the Sofia Declaration (Green Agenda for the Western Balkans) and accompanying documents. By signing the Sofia Declaration, Serbia undertook to respect European climate legislation and achieve climate neutrality by 2050. Accordingly, targets for 2030 should be set, to further comply with EU guidelines, including the introduction of a carbon tax and the development of adaptation and decarbonisation strategies. In 2021, the Parliament of the Republic of Serbia adopted the Law on Climate Change (Official Gazette RS 26/21, 2021), which regulates the system of limiting greenhouse gas emissions, adaptation to changing climate conditions and introduces a monitoring and reporting system, including the issuance of permits for industrial and energy facilities (Jovanović et al., 2023).

As a candidate country for EU membership, Serbia has regulated legislation in the field of radiation and nuclear safety and security. In 2018, the National Assembly passed the Law on Radiation and Nuclear Safety and Security (Official Gazette RS 95/18 and 19/19, 2019), which established the Directorate for Radiation and Nuclear Safety and Security of Serbia as a regulatory body and the Public Enterprise Nuclear Facilities of Serbia as an operator in this area.

Belgium and the International Atomic Energy Agency (IAEA) organized the 2024 Nuclear Energy Summit in Brussels in March 2024. Heads of state and government and delegations from 36 countries that already have nuclear power plants or are planning to have them participate. Leaders and repre-



sentatives of the governments of Slovenia, Croatia, Serbia, Romania, Bulgaria, and Turkey participated in this nuclear energy summit. This gathering at the world's highest level reflects a sharp reversal of policy back towards nuclear energy. One of the factors is the rush of projects for small modular reactor technology, although it is far from reaching a mature stage of development (BGEN, 2024).

Ten years after the Fukushima disaster in Japan in 2011, which once again ruined the reputation of nuclear technology, as well as Chernobyl in 1986, the imperative of decarbonization has triggered changes in the opposite direction. Political support for nuclear energy has especially strengthened again in Europe, where hope for solutions based on small modular reactors (SMRs) plays a big role. However, they are still in their infancy, and they are given great importance and interest.

At the summit, it was pointed out that nuclear energy is especially needed by countries that do not have a great potential for using renewable sources. The two big exceptions are Germany, which shut down its remaining reactors a year ago, and Spain, which will close its reactors one by one between 2027 and 2035. Poland is in the opposite camp, while Slovakia has built its first reactor, Italy is considering a return to nuclear energy, and Estonia is examining the possibility of approving the construction of the first SMR (BGEN, 2024).

The messages that were sent to the world from this summit are that it is necessary to think carefully about whether one wants to shut down reactors in certain countries in the world. It was pointed out that the green transition is losing its strength, not only because of slow progress, but also because of growing fatigue. Nuclear energy, a key component in the fight against climate change, is of crucial importance for a balanced energy mix. At the summit, it was stated that Slovenia and Croatia, as former Yugoslav republics, want to expand all reactor capacities and thus contribute to decarbonization. It was pointed out that more than 65% of Slovenian citizens have a positive opinion about nuclear energy, which is a very high level and is a consequence of the strengthening of nuclear safety in the first place. Croatia, also part of the region covered by Balkan Green Energy News, owns 50 percent of Krsko. It was also stated that Bulgaria and Romania will have double the capacity of nuclear power plants by 2035.

In his speech at the summit in Brussels, the President of Serbia revealed that Serbia is interested in the construction of at least four SMRs that can replace 1,200 MW. At that time, it was pointed out that the government of Serbia for this project and its financing needed a certain kind of support from other parties, from the leading countries, the leading countries of the European Union. At the summit, it was announced that the moratorium on the construction of nuclear power plants in Serbia will be lifted (BGEN, 2024).

In April 2024, Serbia signed a memorandum of strategic cooperation with the French electricity company (EDF). The memorandum creates the conditions for a strategic partnership with EDF in assessing the potential for the development of a civil nuclear program in Serbia, with support for the development of professional staff and the exchange of technical knowledge, which in the future can be a significant step forward in the field of nuclear energy.

On April 10, 2024, news appeared in the media in Serbia that a member of the ruling party submitted to the Serbian Parliament a bill on the repeal of the Law on the Prohibition of the Construction of Nuclear Power Plants in the Federal Republic of Yugoslavia (FRY) (Official Gazette FRY, 12/95 and RS, 85/05, 2005).

7. Previous experiences

In 1948, the Institute for Nuclear Sciences "Vinča" was founded in Serbia. Shortly after the start of work, the institute intended to implement the state nuclear research program, which ended in 1968. The institute has two reactors, RA and RB. The RA reactor was put into operation in 1959, and the RB reactor in 1957. The RA reactor was closed in 1984, and the RB reactor is still in use. The biggest



problem for the strengthening and development of nuclear technologies was the introduction of a moratorium in 1989 on the construction of nuclear power plants in the then Yugoslavia. Bearing in mind the long period that has passed since the shutdown of the research reactors, the experts who once handled them are either no longer in Serbia or have passed away, so Serbia has a huge deficit of experts in the field of nuclear technologies.

8. Lack of experts

After the accident in Chernobyl, in 1989, the Law on the prohibition of the construction of nuclear power plants in the former Yugoslavia was passed, which is still in force today. For almost 35 years, students in Serbia have not studied nuclear technologies, which were studied at the Faculty of Electrical Engineering of the University of Belgrade until 1990, when they were discontinued. This was a direct consequence of the accident at the fourth reactor in Chernobyl, as concerns about the use of nuclear power plants grew in the world and in Serbia. In 2023, a group of young researchers in the field of nuclear physics and nuclear technology founded the Serbian Nuclear Society in Serbia, which has about 30 individuals and several institutions as collective members with a constant tendency to increase the number of members. In addition to this society, for 60 years there has also been the Society for Radiation Protection, which gathers experts from Serbia and Montenegro. These are the two main associations that bring together the most eminent personnel in the field of nuclear physics and radiation protection. Every other year, the Society for Radiation Protection organizes scientific symposia where the main topics are radioecology and radiation protection.

There is no precise data on the number of nuclear physicists in Serbia. Serbia has the largest nuclear institute in the Balkans, founded in 1948, where the largest number of experts in the field of radiation are employed. For the last 30 years, the primary activities of all nuclear physicists in Serbia have been experimental nuclear physics (testing the properties of cosmic radiation, participation in experiments in collaboration with CERN, etc.), radioecology, and radiation protection in medicine. Nuclear physicists are educated at 4 state universities in Belgrade, Novi Sad, Kragujevac, and Niš.

As stated in the energy development strategy of the Republic of Serbia until 2025 with projections until 2030, Serbia lacks skilled personnel to start the construction of a nuclear power plant (Official Gazette RS, 101/2015). Since 2015, when this strategy was adopted, nothing has changed regarding the lack of personnel in this area. If Serbia decides to build nuclear reactors, it is necessary to provide the missing staff with the accreditation of at least one study program in the field of nuclear technologies in accordance with the valid Rulebook on standards and procedures for the accreditation of study programs (Official Gazette RS, 13/19, 1/21, 19/21, 51/23, 2023). Serbia has a national agency as an independent body (National Accreditation Body), which deals with the accreditation of study programs. First of all, it is necessary to analyze which institutions of higher education in Serbia can be the holders of the accreditation of the study program in the field of nuclear technologies. By looking at the existing study programs of basic and master's academic studies, which are implemented, for example, at the University of Belgrade, it is possible to establish and accredit a study program at: the Faculty of Mechanical Engineering, Faculty of Electrical Engineering, Faculty of Physics or Faculty of Physical Chemistry. According to the current Rulebook (Official Gazette RS, 13/19, 1/21, 19/21, 51/23, 2023), there is also the possibility of the study program being accredited as a joint study program of several faculties, and even at the University level.

Accreditation of the study program in the field of nuclear engineering (nuclear technologies) would be acceptable exclusively in the scientific field of technical and technological sciences and the application of accreditation standards in that field. There is currently a problem because there is no adequate professional title contained in the Rulebook on the list of professional, academic, and scientific titles (Official Gazette RS 11/24, 2024). The profession title could be titled: Bachelor of Science in Nuclear Technologies or Bachelor of Science in Nuclear Engineering. This problem can



be overcome by submitting a proposal by the University that will accredit the study program to the National Council for Higher Education of the Republic of Serbia (whose jurisdiction is the adoption of new graduate degrees, which can take up to a year until the graduate degree is introduced on a basic basis published in the official gazette of the Republic of Serbia. The preliminary number of students to be sufficient is 50 students for enrollment in the first year of study, with consideration of additional chances and possibilities. The studies would last 4 years and carry 240 ECTS.

The study program accreditation procedure is carried out at the request of a higher education institution (or more, if it is a joint study program). Accreditation of the study program must be completed no later than nine months from the date of submission of documentation for accreditation of the study program. The documentation for the accreditation of study programs represents a set of evidence that the faculty meets the prescribed standards, of which there are 16. Of the most important for analysis are Standard 5: Curriculum, then Standard 6: Quality, modernity and international compliance of the study program, as well as Standard 9: Teaching staff. The above three standards represent the key standards that need to be met. Standards 5 and 6 rely on each other and represent the comparability of the study program with similar ones in the world, where they insist on alignment with at least 3 study programs in the world, of which at least 2 are from the European Union (Official Gazette RS, 13/19, 1/21, 19/21, 51/23, 2023). Table 2 shows professional teaching subjects that are studied in studies in the field of nuclear engineering and technologies at universities in the United Kingdom, USA, Russia, Canada, as well as the former Yugoslav Republic of Slovenia. It should be emphasized that in the world studies of nuclear technologies are organized through the first and second cycle of studies, while in the former Yugoslav Republic of Slovenia, studies of nuclear engineering are organized exclusively through the second degree of studies (master’s studies). Bearing in mind that Croatia together with Slovenia manages the Krsko nuclear power plant, it is interesting that they do not train experts in this field.

Table 2. An overview of some of the study programs in the world, in the field of nuclear engineering and technology with the main courses studied in this field.

Country, city	University	Name of the study program	Major courses in nuclear engineering and technology	References
United Kingdom, London	Imperial College London	Materials with Nuclear Engineering, First Cycle	Introduction to Nuclear Energy, Nuclear Chemical Engineering, Nuclear Materials, Nuclear Thermal Hydraulics, Nuclear Reactor Physics	ICL, 2024
USA, Washington, Pasco	Columbia Basin College	Nuclear Technology, First Cycle	<p>Basic Nuclear Math & Physics</p> <p>Basic Nuclear Math & Physics</p> <p>Basic Nuclear Math & Physics</p> <p>Basic Nuclear Math & Physics</p> <p>Basic Nuclear Facilities</p> <p>Reactor Plant Operations, Basic Nuclear Facilities, Nuclear Facility Components, Basic Reactor Safety, Theory, & Operations, Nuclear Chemistry, Nuclear Industry Exam Preparation, Nuclear Facilities Management</p>	CBC, 2024



Country, city	University	Name of the study program	Major courses in nuclear engineering and technology	References
Russia, Tomsk	Tomsk Polytechnic University	Nuclear Physics and Technology, First Cycle	Physical Foundations of Materials Science, Modern Technologies of Nuclear Fuel Cycle, Quantum Laws of Nuclear Physics, Thermohydraulics in Nuclear Reactors, Mathematical Modeling of Physical Processes, Introduction to Nuclear Physics, Hydrodynamics and Heat Transfer, Nuclear and Radiation Safety, Materials of Nuclear Power Facilities	TPU, 2024
Canada, Oshawa, Ontario	University of Ontario Institute of Technology	Nuclear Engineering, First Cycle	Radiation and Nuclear Technologies, Introduction to Nuclear Physics, Radiation Protection, Nuclear Reactor Kinetics, Nuclear Plant Operation, Reactor Control, Nuclear Reactor Design, Radioactive Waste Management Design, Nuclear Power Systems, Nuclear Plant Safety Design, Nuclear Fuel Cycles	UOIT, 2024
USA, Pocatello, Idaho	Idaho State University	Energy Systems Nuclear Operations Technology, First Cycle	Engineering Technology Orientation, Nuclear Steam Supply Systems, Reactor Plant Materials, Nuclear Industry Fundamental Concepts, Nuclear Instrumentation, Power Plant Documentation and Procedures, Reactor Theory Safety and Design, Capstone and Case Studies in Nuclear Engineering Technology, Radiological Control Fundamentals, Capstone and Case Studies in Nuclear Engineering Technology	ISU, 2024
Slovenia, Ljubljana	University of Ljubljana, Faculty of Mathematics and Physics	Nuclear Engineering, Second Cycle	Nuclear, reactor and radiology physics, Experimental reactor physics, Reactor engineering, Physics of fission reactors, Physics and technology of fusion reactors, Nuclear thermal-hydraulics, Radiation physics and dosimetry, Nuclear thermal-hydraulics, Nuclear safety, Nuclear installations, control and instrumentation, Materials in Nuclear Engineering, Structural Mechanics in Nuclear Engineering, Radioactive waste management and nuclear facilities life cycle, Reactor calculations, Radiation protection	ULj, 2024

It can be seen from Table 2 that the professional subjects studied are mainly in the field of reactor physics, nuclear materials, nuclear reactor design, radioactive waste management, and nuclear safety. At almost all analyzed foreign universities, the same subjects (subjects from the same fields) are studied, and these are precisely those that should be an integral part of the future study program that should be established in Serbia. According to the requirements of standard 9; in order for teachers to be qualified for subjects from the mentioned fields, it is necessary that each teacher from the mentioned fields has at least 5 scientific papers (Official Gazette RS, 13/19, 1/21, 19/21, 51/23, 2023). It is certain that in Serbia there is not a large number of active teachers (doctors of science) who could



meet this criterion in this field. First of all, it is necessary to analyze the number of PhDs from Serbia, who are working in some foreign countries at nuclear facilities or universities, and then to consider whether any of them would have the possibility of returning to Serbia after the accreditation of the study program, first as a lecturer, but also as an expert in the field of nuclear technologies. Another possibility is their engagement as guest professors from other countries, where it is possible to hire 3 to 4 professors who have scientific works in the mentioned fields and whose native language is Serbian. Another possibility is to hire 3 to 4 renowned professors who are not native speakers of the Serbian language from one of the nuclear countries in Europe. Standard 9 requires that at least 70% of the total number of teaching hours in the study program should be permanently employed at the faculty, and a maximum of 30% of the teaching hours can be given by teachers such as visiting professors from abroad (Official Gazette RS, 13/19, 1/21, 19/21, 51/23, 2023). The optimal number of teaching subjects that can be taught by a guest professor would be 2, in order to preserve the quality of teaching. One teacher who would return from abroad and be employed to teach this study program full-time for the planned 50 students would, along with 3 to 4 visiting professors, meet all the necessary standards in terms of teaching staff (including existing professors from the physics and engineering discipline). An integral part of Standard 5 is the professional practice that would have to be carried out by visiting one of the nuclear power plants in Europe or one of the neighboring countries, for which the University must have signed cooperation agreements in the field of knowledge transfer. It is possible to implement it during the summer months as well so that regular classes during the semester would not suffer due to the departure of students to other countries.

During the accreditation of study programs, the National Accreditation Body hires reviewers (three university teachers, one expert from practice, and one student) who are independent experts and who evaluate the fulfillment of each of the individual standards, and based on their expertise, the decision on accreditation is made. On the list of reviewers established by the National Accreditation Body, there is not a single reviewer from the field of nuclear technologies, so the review of the study program would certainly be performed by one of the physicists and engineers who should have more lenient criteria in meeting the standards, especially since it is a study program that is just being founded and represents the general interest of Serbia. In the event that the Government of Serbia firmly decides by the end of 2024 to build a nuclear power plant, the construction of which takes 10-15 years, the accredited study program in the field of nuclear technologies could start between 2026 and 2027, and the first graduating students should be in 2031, therefore even before the completion of the construction of the nuclear power plant.

By accrediting such a study program, Serbia would be unique in the territory of the former Yugoslavia. First of all, it is important to have accredited basic academic studies, and later master's and doctoral studies in order to encourage the development of science in this field in Serbia. Another important thing is the practical training of the existing staff: physicists and engineers to work in nuclear power plants in some of the nuclear countries in the world, which would create a trained staff that is lacking today. It is also important to connect domestic scientists in the field of nuclear physics and energy with scientists dealing with nuclear technologies in other countries and thus work on strengthening the scientific competence of the domestic staff through research projects and bilateral cooperation that should be in the interest of the state. Establishing centers of excellence and establishing partnership relations with foreign institutions is one of the necessary measures for achieving knowledge transfer. Also, we must not forget a significant part of the personnel who are retired, and they can be of great help and provide significant support to the state in this project.

The introduction and development of nuclear technologies in Serbia will increase the interest of students in physics studies as a whole, which has been extremely low for the last 5 years (only 10-20 students at each of the 4 faculties in Serbia). If the now graduated student of nuclear physics saw their employment exclusively in the scientific and educational sector, which offer much less development opportunities compared to the energy industry, this would be reflected in higher earnings that would certainly attract future candidates.



9. Social dimension and perception of nuclear energy

In the author's latest critical work (Pieńkowski, 2024) it is stated that in the 70 years of development of the nuclear sector since the 1950s, the global society experienced two serious nuclear disasters (four reactors in total) and twenty-one serious nuclear accidents; and the next one may happen in Zaporozhye, Ukraine. Taking into account the simplest possible calculation that includes past accidents, on average there is one INES level 7 disaster every 35 years or one reactor every 18 years (Pieńkowski, 2024).

Uncertainty is generated by two main phases of the life cycle: plant operation (accidents) and waste management. Both stages generate natural, technological, and socio-economic threats, and during the conflict in Ukraine, the world faced the next potential disaster, which can be classified as a social hazard. Accidents related to nuclear technology have seriously shaped social consciousness and all the turmoil has led to higher economic costs and low social acceptance, especially after accidents (Pieńkowski, 2024).

In 1999, Serbia was bombed by the NATO alliance, where depleted uranium ammunition was used on its territory. This, together with the accident in Chernobyl, developed additional concerns and fears among the population of Serbia. A lot of documentaries were made on this topic, which identified the state of war in the country with depleted uranium and the fear of cancer and death among the population.

There are no official surveys that have been carried out in Serbia on the attitudes of the inhabitants when it comes to the use of nuclear energy. Considering the long-term moratorium on the construction of nuclear power plants, the public lacks sufficient information on this topic. In the event that Serbia firmly decides to build a nuclear power plant, regardless of its type, the public must first be educated about the importance of replacing fossil fuels with nuclear energy, starting from the most basic and simple content related to the existence of radioactivity in nature and its commercial use. First of all, it is necessary to educate the population that the current energy sector of Serbia is a huge polluter of the environment, to inform them about the obligations Serbia assumed by signing strategic documents with the EU, and to familiarize them with the content of EU regulations. It is necessary to carry out many popular lectures through the educational system, guest appearances by experts on television with national frequencies in order to educate the population, and after that to undertake all other legal actions along with general social dialogue.

10. Conclusions

The electricity sector of Serbia is one of the biggest polluters of the environment because the production of electricity is mainly based on fossil fuels (mainly domestic lignite, gas, and oil) and the reduction of CO₂ emissions is a natural necessity. The conclusion of this research shows that nuclear energy in Serbia has significant potential to play a key role in the transition to green energy. Through the analysis of existing resources and the regulatory framework, numerous opportunities for the development of nuclear energy in the country have been identified. In addition to contributing to the reduction of greenhouse gas emissions, nuclear energy could ensure the stability and reliability of the energy system, contributing to the long-term sustainability of the national energy sector. However, the research also highlights the need for transparent processes of public participation and education of citizens about nuclear energy. In accordance with European and global trends, Serbia should continue research and development of nuclear energy, taking into account economic, ecological, and social factors, in order to ensure a sustainable energy future.

Additionally, the research identified the lack of experts in the field of nuclear energy in Serbia as a key challenge for the efficient development of this industry. The need for accreditation of study programs specific to nuclear energy is recognized, with the engagement of foreign experts and institutions for



the transfer of knowledge and best practices. The introduction of such programs would not only ensure adequate training and preparation of personnel, but would also encourage innovation and research in this area, which would further support the development of nuclear energy in Serbia in accordance with international standards.

Also, it is important to point out that in the process of developing nuclear energy in Serbia, special attention must be paid to environmental protection. The sustainable development of this industry requires rigorous standards and procedures for the management of nuclear waste, as well as the protection of water resources and biodiversity in the vicinity of nuclear facilities. The introduction of effective systems for monitoring and controlling emissions and environmental impacts is key to minimizing potential negative effects on ecosystems and human health. Through the integration of environmental aspects into the planning and implementation of nuclear energy projects, Serbia can ensure that its energy sector contributes to the preservation and improvement of the environment, while at the same time achieving its energy goals. The biggest obstacle to the introduction of nuclear energy in Serbia is the moratorium on the construction of nuclear power plants, which dates back to the agreement of the former Yugoslavia. For its abolition, a general social dialogue is needed.

References

1. AERS, (2022) Energy Agency of the Republic of Serbia. Report for 2022. <https://www.aers.rs/Files/Izvestaji/Godisnji/Izvestaj%20Agencije%202022.pdf> (Accessed 24 Mart 2024)
2. BGEN, (2024) Balkan green energy news. <https://balkangreenenergynews.com/rs/lideri-balkanskih-zemalja-na-samitu-u-briselu-podrzali-ekspanziju-nuklearne-energije/> 31.03.2024.
3. CBC, (2024) Columbia Basin College. Study program: Nuclear Technology <https://catalog.columbiabasin.edu/current/courses/nt.html>, 16.03.2024.
4. Gao, W., Ullah, S., Zafar, S.M., Usman, A., (2024) How does nuclear energy consumption contribute to or hinder green growth in major nuclear energy-consuming countries?, *Progress in Nuclear Energy*, 170, 105111. <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2024.105111>
5. IAEA, (2024) International Atomic Energy Agency. <https://cnpp.iaea.org/public/>, 16.03.2024.
6. ICL, (2024) Imperial College London. Study program: Materials with Nuclear Engineering, South Kensington Campus, London <https://www.imperial.ac.uk/study/courses/undergraduate/materials-nuclear-engineering/>, 16.03.2024.
7. Imran, M., Zaman, K., Nassani, A.A., Dincă, G., Khan, H.R., Haffar, M., (2023) Does nuclear energy reduce carbon emissions despite using fuels and chemicals? *Transition to clean energy and finance for green solutions*, *Geoscience Frontiers*, 2023, 101608. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101608>
8. ISU, (2024) Idaho State University. Study program: Energy Systems Nuclear Operations Technology, Pocatello, Idaho, USA. <https://www.isu.edu/nuclearoperations/>, 16.03.2024.
9. Jovanović, M., Bakić, V., Škobalj, P., Cvetinović, D., Erić, A., Živković, N., Duić, N., (2023) Scenarios for transitioning the electricity sector of the Republic of Serbia to sustainable climate neutrality by 2050, *Utilities Policy*, 85, 101681. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2023.101681>.
10. Liu, A., Imran, M., Nassani, A.A., Binsaeed, R.H., Zaman, K., (2023) Reducing carbon emissions with Geoscience solutions: A look at the contributions of nuclear energy, technology, and green finance, *Geoscience Frontiers*, 101698, <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101698>
11. Official Gazette FRY, 12/95 and RS, 85/05, (2005) Law on Prohibition of Construction of Nuclear Power Plants in the Federal Republic of Yugoslavia.



12. Official Gazette RS 26/21, (2021) Law on Climate Change.
13. Official Gazette RS 95/18 and 10/19, (2019) Law on radiation and nuclear safety and security.
14. Official Gazette RS, 101/2015, (2015) Energy development strategy of the Republic of Serbia until 2025 with projections until 2030.
15. Official Gazette RS, 11/24, (2024) Regulation on the list of professional, academic and scientific titles.
16. Official Gazette RS, 13/19, 1/21, 19/21, 51/23, (2023) Rulebook on standards and procedure for accreditation of study programs.
17. Pieńkowski, D., (2024) Is nuclear energy really sustainable? A critical analysis on the example of the Polish energy transition plan, *Energy for Sustainable Development*, 78, 101376. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2024.101376>
18. TPU, (2024) Tomsk Polytechnic University. Nuclear Physics and Technology, Russia. <https://abiturient.tpu.ru/en/direction/programs/140302>, 16.03.2024.
19. ULj, (2024) University of Ljubljana, Faculty of Mathematics and Physics. Study program: Nuclear Engineering, Second Cycle, Ljubljana, Slovenija. <https://www.fmf.uni-lj.si/en/study-physics/programmes/2jet/2023/>, 16.03.2024.
20. UOIT, (2024) University of Ontario Institute of Technology. Study program: Nuclear Engineering, Oshawa, Ontario, Canada. https://calendar.ontariotechu.ca/preview_program.php?catoid=67&poid=14527, 16.03.2024.

IMPLEMENTACIJA KONCEPTA 5E U SPORTU ZA ODRŽIVI RAZVOJ ENERGIJE U BOSNI I HERCEGOVINI PRI KORIŠĆU ZATVORENIH SPORTSKIH OBJEKATA

IMPLEMENTATION OF THE 5E CONCEPT IN SPORTS FOR SUSTAINABLE ENERGY DEVELOPMENT IN BOSNIA AND HERZEGOVINA WHEN USING INDOOR SPORTS FACILITIES

Dr **Veselin Bunčić**

VŠU Univerzitet "Privredna Akademija" Brčko Distrikt, BiH

Dr **Sonja Bunčić**

FTN Novi Sad, Srbija

UDK: 725.8:502.131.1(497.6)

DOI: 10.7251/AKPR2401101B

Sažetak: Ovaj rad istražuje važnost primjene koncepta 5E (Ekonomičnost, Efikasnost, Ekologija, Edukacija, Evidencija) u sportskom sektoru Bosne i Hercegovine radi postizanja održivog razvoja energije. Kroz analizu različitih aspekata sporta, čiji je integralni dio i energetska održivost sportskih objekata. Istražujemo kako implementacija ovog koncepta može doprinijeti smanjenju potrošnje energije, povećanju energetske efikasnosti i promociji obnovljivih izvora energije u sportskim objektima i infrastrukturi.

Summary: This paper investigates the importance of applying the 5E concept (Economy, Efficiency, Ecology, Education, Evidence) in the sports sector of Bosnia and Herzegovina in order to achieve sustainable energy development. Through the analysis of various aspects of sport, of which the energy sustainability of sports facilities is an integral part. We are investigating how the implementation of this concept can contribute to reducing energy consumption, increasing energy efficiency and promoting renewable energy sources in sports facilities and infrastructure.

Ledena hala i Bazen revirzibilno hlađenje - grijanje

Prije razrade teme ćemo pokušati objasniti koncept održivog razvoja energije i njegov značaj u kontekstu sportske industrije, posebno u Bosni i Hercegovini. Također će se predstaviti osnovni principi i ciljevi koncepta 5E u sportu.

Koncept 5E bi predstavljao Ekonomičnost, Efikasnost, Ekologiju, Edukaciju i Evidenciju i buduće pravce.

Ovako bi pokušali primijeniti navedeno u oblasti sporta:

****Ekonomičnost u sportu:**** Ovaj dio istražuje primjenu ekonomičnih energetske resursa i tehnologija u sportskim aktivnostima, te kako smanjenje troškova može doprinijeti dugoročnoj održivosti sportskih organizacija.

****Efikasnost u sportu:**** Fokusiranje na strategije povećanja energetske efikasnosti u sportskim objektima, kao i primjenu tehnoloških inovacija koje mogu smanjiti potrošnju energije.

****Ekologija u sportu:**** Ovaj dio istražuje primjenu obnovljivih izvora energije, kao što su solarna, vjetrena i hidroenergija, u sportskim objektima radi smanjenja negativnog utjecaja na okoliš.

****Edukacija u sportu:**** Analiza važnosti edukacije sportista, trenera i javnosti o održivom korištenju energije, kao i implementacija energetske efikasne prakse u sportskim aktivnostima.

****Evidencija i budući pravci:**** Posljednji dio rada će istražiti važnost praćenja i evaluacije implementacije koncepta 5E u sportu, te predložiti buduće pravce istraživanja i akcija za postizanje održivog razvoja energije u Bosni i Hercegovini.

Zaključni dio će sumirati ključne nalaze i zaključke istraživanja, istaknuti važnost primjene koncepta 5E u sportu za održivi razvoj energije u Bosni i Hercegovini, te predložiti konkretne korake za daljnje djelovanje u ovoj oblasti.



Slika 1. Ledena hala i Bazen revirzibilno hlađenje - grijanje Rotterdam NL

Ovaj rad **Ledena hala i Bazen revirzibilno hlađenje - grijanje**, pruža samo okvir za dalje istraživanje i analizu važnih aspekata održivog razvoja energije u sportskom sektoru Bosne i Hercegovine.

Briljantnost ideje leži u njoj jednostavnosti: **promjenom načina grijanja bazena i klizališta, oba kompleksa bi mogla uštedjeti na troškovima energije.** A činjenica da su dva sportska objekta smještena jedan do drugog samo poboljšava njegovu izvodljivost. **David Smeulders, profesor energetske tehnologije.** D S je tu ideju ponudio kao moguće rješenje za gubitke na klizalištu kojem prijete zatvaranje. 1)link

Vidimo mogućnosti kombinovanja osnova tehnologije i sporta. **Bazen ima postrojenje na biomasu koje proizvodi višak električne energije. Ovo bi se moglo isporučiti rashladnim mašinama ledenog sportskog centra. Mašine za hlađenje ledenog sportskog centra odvođe toplotu sa klizališta. Ovo se također može koristiti za zagrijavanje bazena.** Sada nije uvijek slučaj da u planu za biomasu ostaje električna energija baš u trenutku kada za njom ima potrebu ledeni sportski centar i obrnuto.

Sportski centar na ledu će možda morati da eliminiše toplotu kada se ne može odmah koristiti u bazenu. Ali toplota se uvek može uskladištiti.

Može se više učiniti s integrisanim planom akcije i za bazen i za centar za sportove na ledu.

Zar ne bi bilo sjajno iskoristiti trenutne probleme kao priliku da predstavimo Eindhoven kao grad sporta, ali i kao grad znanja, sa kulturnim projektom na Antoon Coolenlaanu slika1.koji kombinuje sport i obnovljivu energiju?

Kao naučni direktor Energetskog instituta Eindhoven, **David Smeulders je stavio na raspolaganje** svu podršku i znanje Technische Universiteit Eindhoven za implementaciju ovakvog projekta.



Slika 2 Hala "Zetra" Sarajevo (2 mjeseca ima ledenu ploču !!)

Revirzibilno grijanje i hlađenje prostora može se vršiti na sledeće načine

Geotermalna toplotna pumpa ,ovaj sistem koji koristi geotermalnu energiju za grijanje i hlađenje prostora.Tokom zime ,pumpa crpi toplotu iz tla ,kako bi zagrijala prostor, a tokom ljeta funkcioniše suprotno, izvlačeći višak toplote iz prostora , prenoseći je nazad u tlo radi hlađenja.

Toplotne pumpe vazduh -voda: Ovi sistemi koriste vazduh kao izvor toplote i hladnoće. Tokom hladnijih perioda,pumpa izvlači toplotu iz vazduha radi grijanja, dok tokom toplijih perioda može koristiti isti princip, ali obrnuto, izvlačeći toplotu iz unutrašnjosti prostora i ispuštajući je u okolini vazduh radi hlađenja.

Termalni magacin energije:

Ova tehnologija omogućuje skladištenje energije na način da se višak toplote ili hladnoće akumulira u termalnom magacinu tokom perioda kada je potražnja niska, a zatim da se koristi se po potrebi, Na taj način,energija se može revirzibilno koristiti za grijanje ili hlađenje prostora.

U slučaju kada jedan objekat zahtijeva toplotu, dok drugi zahtijeva hlađenje, primjena reverzibilnog sistema grijanja i hlađenja može rezultirati dodatnom uštedom energije i efikasnim korištenjem resursa i to na način:



1. ****Korištenje viška toplote:**** Tokom perioda kada je potrebno grijanje klizališta, višak toplote koji se generiše može se iskoristiti za zagrijavanje vode u bazenu. Umjesto da se višak toplote jednostavno otpušta u okolinu, on se koristi za koristan svrhu, što rezultira smanjenjem potrošnje energije.

2. ****Iskorištenje toplote iz hladnijeg objekta:**** S druge strane, tokom perioda kada je potrebno hlađenje bazena, toplota koja se izvlači iz bazena može se iskoristiti za zagrijavanje klizališta. Ovaj princip koristi energiju koja bi inače bila otpuštena u atmosferu i preusmjerava je za potrebe drugog objekta, čime se povećava efikasnost sistema.

Kombinacija ovih pristupa omogućava sinergijsko korištenje energije između objekata koji zahtijevaju različite temperature, što rezultira dodatnom uštedom energije i povećanom održivošću sistema grijanja i hlađenja.

Za sportove na ledu gde se otvorena klizališta koristi manje od 3 meseca, jer je klima vođe ne dozvoljava sistem treniranja ne može izgraditi kvalitetne sportiste. Za ozbiljnije bavljenje ledenim sportovima i hokejom sistem takmičenja treba da ima led od početka septembra do kraja maja (hokej, umetničko klizanje, brzo klizanje) .Slična situacijama je sa sportovima u vodi ,kojima ne pogoduju otvorena plivališta.

Zašto se ceo planirani sportski kompleks mora posmatrati holistički, kao jedna celina, u kojoj bez sumnje, postoje treba da postoje interakcije između funkcionalnih celina da bi mogli implementirati koncept 5E, tako da se implementiraju Ekonomičnost, Efikasnost, Ekologija uz održivost istog što podrazumeva dalju edukaciju i evidenciju.

Za to treba da postoje urbanistički, tehnološki, tehnički i socijalni pa i vizuelni elementi koji treba da objedine kompleks. Treba prvo napraviti Studiju izvodljivosti za celinu kompleksa i onda raspisati konkurs za njegovo arhitektonsko-urbanističko rešenje. Tek nakon toga dolazi na red rešavanje po delovima ili u fazama. Studija izvodljivosti se radi pre samog projekta i kroz nju se analizira nekoliko opcija sa iskazom sadržaja i površina, nivo opremljenosti, troškovi izgradnje, troškovi rada objekta, izvori prihoda, način upravljanja i implementacija koncepta 5E.

U razvijenim sredinama je glavni uslov da objekti koje gradi država i lokalna samouprava budu jasno koncipirani sa unapred poznatim svim troškovima. Vrednost objekta se ne sagledava samo koliko on košta dok se gradi već se vrednuje kroz ceo životni ciklus, (LCC), od izgradnje, troškova energije, troškova rada, održavanja, pa do troškova rušenja objekta. Država ili grad finansiraju izgradnju objekta ali troškove rada moraju pokriti sami korisnici i zato je veoma bitno da oni budu minimalni.

Da je sportski kompleks sagledan kao celina, shvatili bi da se mnoge stvari preklapaju i kod potencijalnog Bazena -plivališta i kod Ledene dvorane:

FUNKCIJA: ulazni hol sa informacionim pultom i blagajnom, toaleti za gledaoce, garderobe i toaleti za sportiste, teretana, sala za zagrevanje i suve treninge, prostorije za sudije, prostorije za komesare (službena lica na utakmici), ambulanta za preventivu, ambulanta i prostorija za doping kontrolu, prostorija za rehabilitaciju sa bazenom, pristup ambulantnim vozilima, prostorija za redare, deo za osobe sa posebnim potrebama, press centar, sala za sastanke, prodavnica sportske opreme, kafe bar, uprava i održavanje objekta, zajednička upotreba i održavanje parkinga, pristupnih saobraćajnica i zelenih površina..

Samo u izgrađenoj površini, to bi bila ušteda od minimum 1200m² što bi u investicionom smislu bilo oko 2 miliona evra, (to su sadržaji koji su najskuplji, sama hala je mnogo jeftinija po m²).

INSTALACIJE: zajednički protivpožarni sistem, sistem video nadzora, jedinstveni priključak na vodovodnu i kanalizacionu mrežu, zajednički sistem za prikupljanje, skladištenje i upotrebu atmosferske vode sa krova objekta, zajednički sistem za rekuperaciju energije iz otpadnih („sivih“) voda, zajednički fotonaponski solarni sistem (solarni paneli, konvertori, rezervoari za skladištenje tople vode).

ENERGIJA: Najveća ušteda se ostvaruje u korišćenju energije. Konkursom se sugeriše instalisanje so-

larnih fotonaponskih panela. I šta onda? Treba rešiti grejanje i hlađenje objekta. Kao logično rešenje se nameće: toplotna pumpa. A upravo klizalište predstavlja idealnu, ogromnu toplotnu pumpu koja sa pravilnim izborom rashladnog sistema klizališta (direktni sistem sa CO₂, bezuljni kompresori sa magnetnom levitacijom) i razmenjivača toplote, mogu zadovoljiti ne samo sopstvene, već i toplotne potrebe hale sportova, zatvorenog i otvorenog bazena. **Sprovedene studije dokazuju da rad 475m² klizališta u zimskim uslovima zadovoljava toplotne potrebe poluolimpijskog bazena površine 625m².** A standardno olimpijsko klizalište je 1800m².... Solarnim panelima proizvodimo električnu energiju koju koristimo za izradu i održavanje leda na klizalištu a od otpadne toplotne energije se rešava grijanje bazena, pratećih sadržaja. Procena za Bazen da će plaćati za troškove električne i toplotne energije plaća nešto više od 100 000 evra godišnje. evra.

U kombinaciji solarnih panela i Ledene dvorane ti troškovi bi bili eliminisani.

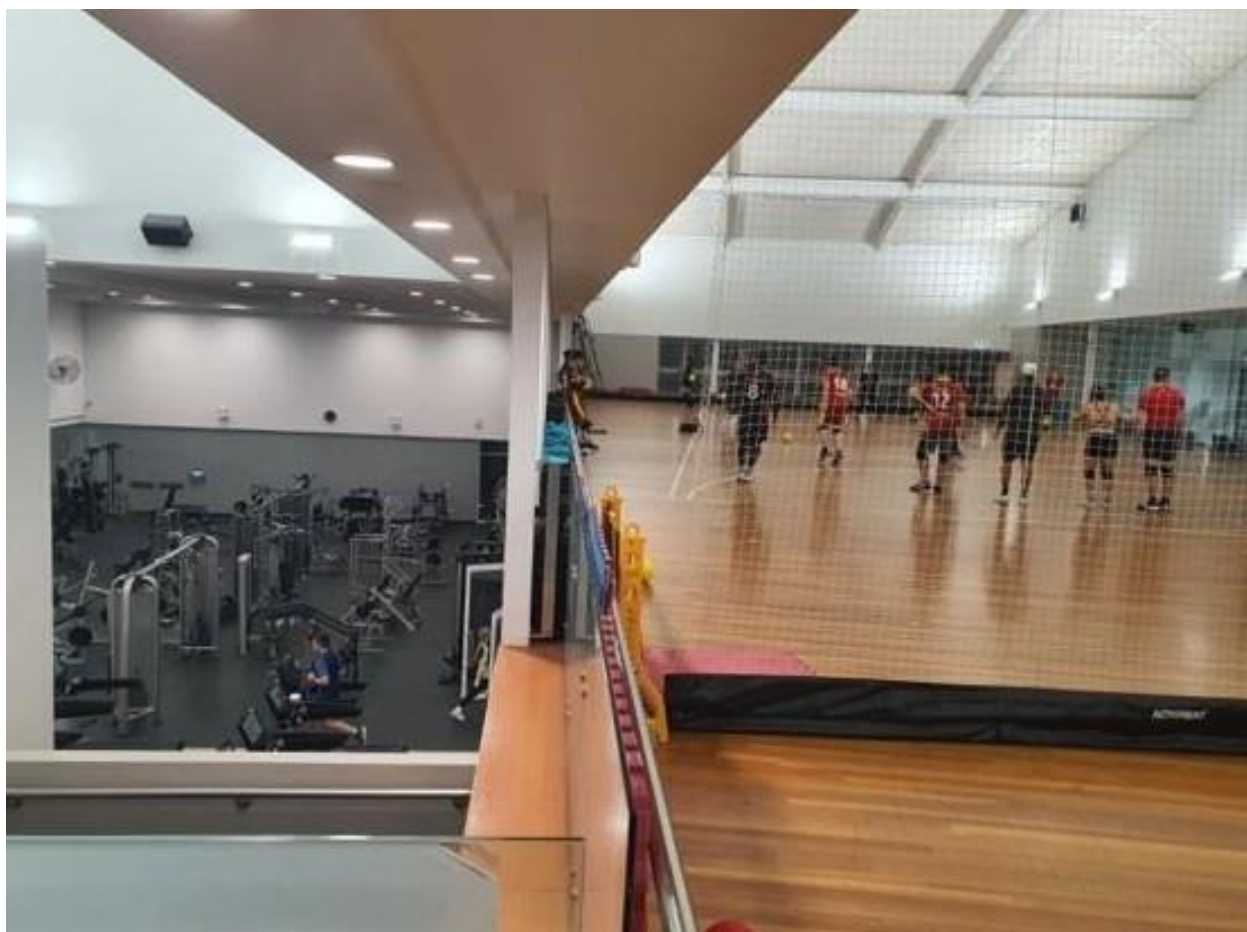
OPERATER: jedinstvena uprava, marketing za ceo kompleks, planiranje utakmica, koncerata, treninga i zauzetosti svih sadržaja. Objedinjavanjem Hale sportova i Ledene dvorane bi se ostvarila ušteda kroz smanjen broj zaposlenih jer ako se pogleda kroz ceo planirani životni vek objekta od minimum 60 godina onda ušteda od 15 radnih mesta iznosi oko 11miliona evra. (skoro duplo više od vrednosti planirane Hale sportova).

Jedno od glavnih pitanja koje se javlja je: Kome je namenjena? Da li je namera da se njime koriste samo elitni sportisti? Šta imaju lokalni stanovnici okolnih naselja od njega?

Mnogi prostori mogu imati dvostruku namenu u funkciji drugih aktivnosti kao na primer gimnastika, rvanje, karate, džudo, boks, aerobik, pilates, fitnes, škola baleta, proslave rođendana, igranje šaha...



Slika 3 Primjer ledene i fitness dvorane



Slika 4 Spojeni sportski objekti

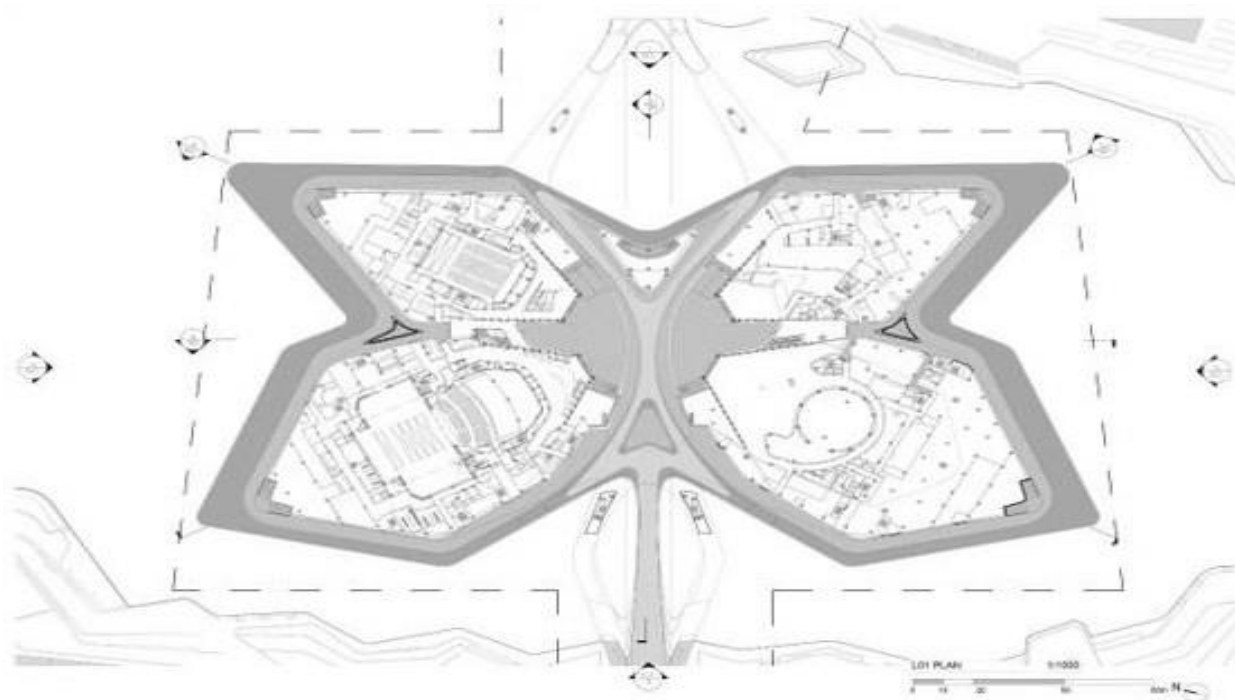
Objekti koji se sada planiraju moraju odgovoriti na potrebe čoveka nakon treće ili tačnije, nakon četvrte tehnološke revolucije.



Slika 5 Primer višenamjenskog sportskog centra

Tehnologija je zamenila fizički rad a veštačka inteligencija će olakšati i ubrzati mnoge procese ali će istovremeno i umanjiti potrebu za ljudskim radom. Briga o sopstvenom zdravlju dovodi do toga da se ljudi počinju baviti intenzivnom fizičkom aktivnošću ali ovaj put na mestima za sport i zabavu. Sportsko-rekreativni i fitnes centri postaju novo mesto socijalizacije.

Savremeni sportski centri nisu mesto samo za vrhunski i profesionalni sport, već i za amaterske klubove, školski sport i rekreativne aktivnosti, fitnes. Svi ljudi imaju potrebu da se bave fizičkom aktivnošću, sportom ili fitnesom da bi izbacili iz sebe stres, negativnu energiju i da bi zdravije živeli. Zato se mora obezbediti prostor u jednom ovakvom centru i za tu kategoriju korisnika.



Slika 5 Jovan Mickoski dipl.ing.arh.

Ista logika se primenjuje i kod projektovanja kulturnog centra sa više različitih funkcionalnih modula (pozorište sa više scena, balet, opera, koncertna sala), multipleks bioskopa, šoping molova... pa sve do međunarodne svemirske stanice.



Svi znamo da trenažni proces ne može da se odvija dobro ako traje samo tri meseca. Ni za jedan sport, a naročito ne za hokej ili klizanje. Zato mislim da je zatvaranje, odnosno natkrivanje sadašnjeg klizališta adekvatno rešenje.

Tako će se sezona na ledu produžiti – dodaje dr Veselin Bunčić, jedan od potpisnika petcije u Subotici za izgradnju ledene hale koja se na kraju počela realizovati!!



Literatura i linkovi

- [1] koristite ovaj link do članka: <https://innovationorigins.com/en/professor-swap-the-heat-from-the-ice-rink-to-the-swimming-pool-and-vice-versa/>
- [2] koristite ovaj link do članka: Jovan Mickoski dipl.ing.arh.<https://gradsubotica.co.rs/kompleksni-sportsko-rekreativni-centar-dug-ideji-lajosa-vermesa/>
- [3] Tutumlu, H., Yumrutaş, R., & Yildirim, M. (2018). Investigating thermal performance of an ice rink cooling system with an underground thermal storage tank. *Energy Exploration & Exploitation*, 36(2), 314-334.
- [4] Roth, S. (1995). *Representation of thermal energy in the design process* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- [5] Bale, J., & Vertinsky, P. (Eds.). (2004). *Sites of sport: Space, place and experience*. Routledge.
- [6] Wang, W., Liu, Z., Bu, T., & Jiao, F. (2023). Sustainable land use and green ecology: A case from the Beijing 2022 Winter Olympics venue legacy. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 944764.

ANALIZA SPECIFIČNE POTROŠNJE KOTLOVSKOG GORIVA U SVRHU POSTIZANJA ENERGETSKI EFIKASNIJEG PROCESA PROIZVODNJE PIVA

Dr Jasmin Fejzić¹

Dr Indira Buljubašić² Rifet

Džinić, dipl. inž. maš

¹JP Elektroprivreda BiH, Termoelektrana Tuzla

²Mašinski fakultet Univerziteta u Tuzli

³TEMM-TUZLA d.o.o Živinice

fejzic.jasmin@bih.net.ba

UDK: 663.44:621.892.097

DOI: 10.7251/AKPR2401109F

Sažetak: U ovom radu su prikazani rezultati specifične potrošnje kotlovske goriva u procesu proizvodnje piva koji za cilj imaju poboljšanje energetske efikasnosti i smanjenje negativnih uticaja na okoliš u pivarskoj industriji. U tehnološkom postupku proizvodnje piva koristi se i toplotna energija. Toplotna energija u procesu proizvodnje piva se koristi u obliku pare i vruće vode. Glavni resursi za proizvodnju pare i vruće vode su voda i energent tj. kotlovsko gorivo. Pri tome treba težiti što boljoj iskoristivosti pare tj. smanjenju potrošnje vode i energenta. Parametarska analiza će obuhvatiti specifičnu potrošnju kotlovske goriva u razmatranim fabrikama piva (Pivara 1, Pivara 2 i Pivara 3).

Ključne riječi: fabrika piva, toplotna energija, kotlovsko gorivo, potrošnja, efikasnost

Abstract: This paper presents the results of the specific consumption of boiler fuel in the beer production process, which aim to improve energy efficiency and reduce negative impacts on the environment in the brewing industry. Thermal energy is also used in the technological process of beer production. Thermal energy in the beer production process is used in the form of steam and hot water. The main resources for the production of steam and hot water are water and energy, ie. boiler fuel. At the same time, we should strive for the best use of money, ie. reduction of water and energy consumption. The parametric analysis will include the specific consumption of boiler fuel in the considered breweries (Brewery 1, Brewery 2 and Brewery 3).

Key words: beer factory, thermal energy, boiler fuel, consumption, efficiency

1. Uvod

Proizvodnja piva je značajan potrošač različitih vrsta resursa među kojima su najznačajniji voda, toplotna i električna energija. U proizvodnji piva važnu ulogu igra i proizvodnja pare, stoga treba težiti njenoj što boljoj iskoristivosti. Prvenstveno to znači relativno smanjenje potrošnje vode i kotlovske goriva za dobijanje industrijske pare. Najveći potrošač toplotne energije u obliku pare i vruće vode je kuhaona, ali se toplotna energija koristi i u drugim dijelovima tehnološkog procesa proizvodnje, kao i neproizvodnim segmentima u sklopu cjelokupnog postrojenja.



2. Specifična potrošnja toplotne energije u pivarama

Iz Tehničkih uputa za prehrambenu industriju sektor: proizvodnja piva, iz jula 2008. godine vidi se da se toplotna energija koristi se u proizvodnim odjeljenjima kao što su: kuhaona, punjenje boca, punjenje buradi, CIP postrojenja za pranje u pogonima, te zagrijavanje prostora. Najveća potrošnja toplotne energije u pivarama je u kuhaoni. Štefanić K. i Marić V. (1990), ističu da potrošnja pojedinih vrsta energije i vode u proizvodnji piva ovisi o nizu faktora, objektivno se kreće unutar širokih granica, i da bi u svakom pogonu trebalo ocjenjivati opravdanost aktuelne potrošnje.

Iz Tehničkih uputa za prehrambenu industriju sektor: proizvodnja piva, iz jula 2008. godina, specifična potrošnja toplotne energije zavisi od kapaciteta pivare i kreće se od 118,7-200 [MJ/hl piva].

Prema Štefaniću i Mariću (1990), potrošnja toplotne energije se kreće 250-355 [MJ/hl piva].

Toplotna energija, u obliku pare i vruće vode, koristi se za obradu komine i kuhanje sladovine, proizvodnju čiste kulture kvasca, pranje ambalaže, pranje i sterilizaciju tehničko tehnološke opreme, pasterizaciju proizvoda, dealkoholizaciju piva, zagrijavanje prostorija i sl. (Živković D., Laković S., Rašković P., Laković M, 2000.).

U tabeli 1. prikazana je potrošnja toplotne energije po pojedinim pogonima u pivari, iskazana u vidu procentualnog udjela u ukupnoj potrošnji. Jasno se vidi da se najveća količina toplote troši u kuhaoni gdje se obavlja proces predgrijavanja i kuhanja sladovine, te iznosi oko 50 [%] ukupno utrošene toplote. Stoga u svim analizama efikasne potrošnje toplote prvo treba krenuti od ovog pogona. Prema Tehničkim uputama za prehrambenu industriju sektor: proizvodnja piva, iz jula 2008. godina, (Bubacz M., McCreanor P., Jenkins H., 2013) značajna količina otpadne toplotne energije koja se javlja u ovom pogonu, mogla bi biti iskorištena pomoću odgovarajućih izmjenjivača toplote.

Tabela 1. Raspodjela potrošnje toplote u pivari

Mjesto potrošnje	Učešće u potrošnji [%]
Kuhaona (varionica)	46,2 – 59,0
Pogonska voda	6,4 – 8,1
Punionica boca	16,5 – 25,7
Punionica buradi	10,0 – 12,8
Ostali pogoni	5,8 – 7,0
Administracija	0,8 – 4,9

U tabeli 2. prikazana je specifična potrošnja toplotne energije prema različitim standardima/BAT tehnikama za industriju proizvodnje piva te je, kao i u slučaju specifične potrošnje vode, vidljivo da je ukupni interval relativno širok i iznosi 118,7-355 [MJ/hl]. Ranije je rečeno da ove razlike potiču od specifičnosti proizvodnih procesa u različitim pivarama, te je u analizama neophodno naglasiti koji standard je primjenjiv u posmatranom slučaju.

Tabela 2. Specifična potrošnja toplotne energije po jedinici proizvoda za industriju proizvodnje piva

Različiti standardi/BAT tehnike za industriju proizvodnje piva	Potrošnja toplotne energije [MJ/hl piva]
BREF BAT (za hranu, piće i mlijeko EC), 2006., Tehničke upute za prehrambenu industriju sektor: proizvodnja piva, iz jula 2008. godina	118,7 – 127,9
BREF (za pivare UNEP), 1996. Tehničke upute za prehrambenu industriju sektor: proizvodnja piva, iz jula 2008. godina	150 – 200
Jugoslovensko udruženje pivara (Pivara i njena oprema), 1996.	250 – 355
Pivarski priručnik, Štefanić i Marić, 1990.	250 – 355



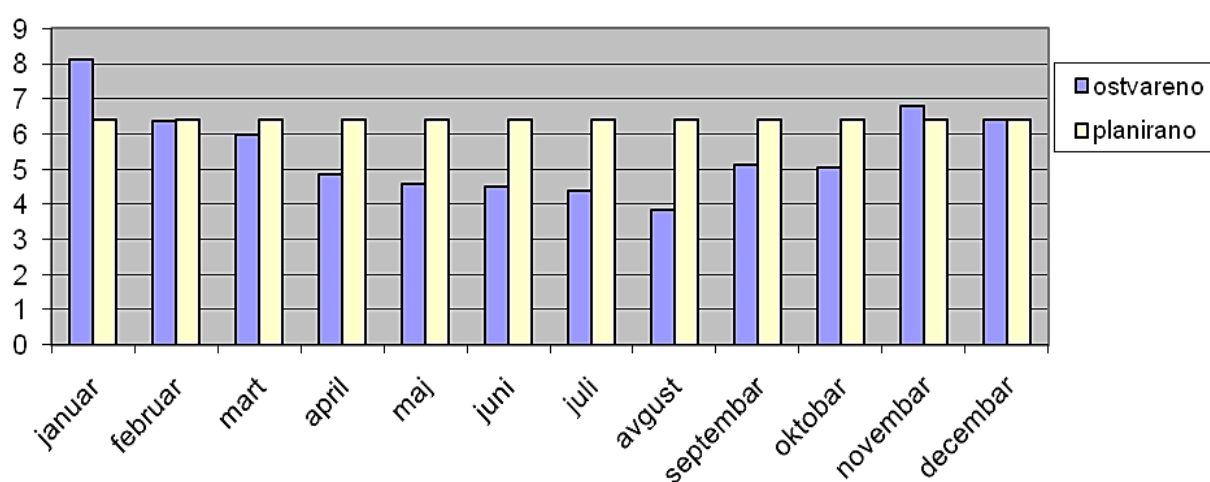
2.1 Specifična potrošnja kotlovskeg goriva u Pivari 1

U Pivari 1 proizvodi se pivo, sokovi i mineralna voda. Pri tome se specifična potrošnja kotlovskeg goriva definiše samo za proizvodnju piva, pri čemu količina proizvedenih sokova i mineralne vode, kao sekundarnih proizvoda, ne ulaze u proračun specifične potrošnje.

U godišnjem planu poslovanja Pivare 1, vrši se normiranje specifične potrošnje na osnovu preporuka i iskustva o potrošnji iz prethodnih godina te na osnovu plana proizvodnje za godinu za koju se vrši normiranje. Tako je u tabeli 3. prikazan planirani normativ za specifičnu potrošnju kotlovskeg goriva (mazuta) za jednu posmatranu godinu. U tabeli 3. je prikazana i ostvarena mjesečna specifična potrošnja kotlovskeg goriva i godišnji prosjek. Može se vidjeti da je godišnji prosjek potrošnje manji od planiranog normativa.

Tabela 3. Specifična potrošnja mazuta (kg/hl piva) za jednu posmatranu godinu- Pivara 1

	Specifične potrošnja mazuta [kg/hl piva]
Planirani normativ	6,40
Ostvarena mjesečna specifična potrošnja	3,83 – 8,12
Godišnji prosjek	5,50

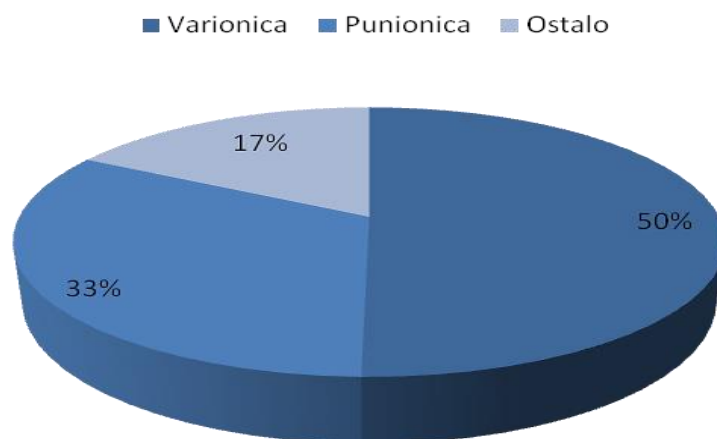


Slika 1. Ostvarena i planirana (normirana) specifična potrošnja mazuta (kg/hl piva) za jednu posmatranu godinu u Pivari 1

Na slici 1. prikazana je ostvarena specifična potrošnja kotlovskeg goriva (mazuta) i planirani normativ za jednu posmatranu godinu, prikazano na mjesečnom nivou. Može se vidjeti da je u januaru, novembru i decembru te godine ostvarena povećana specifična potrošnja kotlovskeg goriva (mazuta) od planirane. Razlog za ovo leži u činjenici da se u zimskim mjesecima kotlovske gorivo osim za proizvodnju pare koristi i za grijanje objekata u Pivari 1. Istovremeno, u ostalim mjesecima specifična potrošnja mazuta je bila manja od planirane. Iako je specifična potrošnja mazuta bila manja od planiranog normativa, treba naglasiti da se u Pivari 1 potrošnja mazuta mjeri pomoću mjerne letve sa plovkom, što je relativno neprecizno određivanje stvarne potrošnje, posebno u manjim vremenskim intervalima (sedmično, dnevno). Stoga se može reći da je u ovom slučaju potrebno uvesti odgovarajuće promjene u načinu mjerenja, čime bi se preciznije moglo utvrditi šta dovodi do nepotrebne potrošnje mazuta kao resursa.

Potrošnja pare i toplotne energije u Pivari 1 se ne mjeri. U tehničkoj dokumentaciji prikazana je proračunska vrijednost maksimalne potrošnje pare po pogonima. Tako ukupna proračunata potrošnja iznosi oko 16.500,00 [kW], a najveći potrošač pare je kuhaona i nova punionica, odnosno pogon za pranje i punjenje boca u staklenu ambalažu.

Na slici 2. prikazana je raspodjela potrošnje pare po pogonima u Pivari 1, u skladu sa proračunom i uz pretpostavku da se proces odvija pri normiranim vrijednostima parametara. Sa slike 2. vidljivo je da u sklopu samog tehnološkog procesa proizvodnje piva, u kuhaoni se troši najveća količina pare što direktno utiče i na potrošnju kotlovske goriva.



Slika 2. Raspodjela potrošnje pare po pogonima u Pivari Tuzla

2.2 Specifična potrošnja kotlovske goriva u Pivari 2

U Pivari 2 se, kao i slučaju Pivare 1, proizvodi pivo ali i sokovi, voda te mineralna voda. Prilikom određivanja specifične potrošnje kotlovske goriva uzimaju se u obzir potrebe za navedenim resursima prilikom proizvodnje svih proizvoda iz navedenog asortimana tj prilikom određivanja (računanja) normativa specifične potrošnje kotlovske goriva uzimaju u obzir svi izlazni proizvodi, a ne samo pivo kao što je to navedeno u najvećem broju literaturnih izvora,

U tabeli 4. prikazana je specifična potrošnje kotlovske goriva za jednu posmatranu godinu, za Pivaru 2.

Tabela 4. Specifična potrošnja kotlovske goriva za jednu posmatranu godinu - Pivara 2

	Specifične potrošnja zemnog gasa [m ³ /hl piva, soka, vode i mineralne vode]
Planirani normativ	-
Godišnji prosjek	3,93

Kao kotlovske gorivo u Pivari 2 koristi se plin. Za mjerenje potrošnje potrošnje kotlovske goriva u Pivari 2 ugrađen je digitalni mjerač.

2.3 Specifična potrošnja kotlovske goriva u Pivari 3

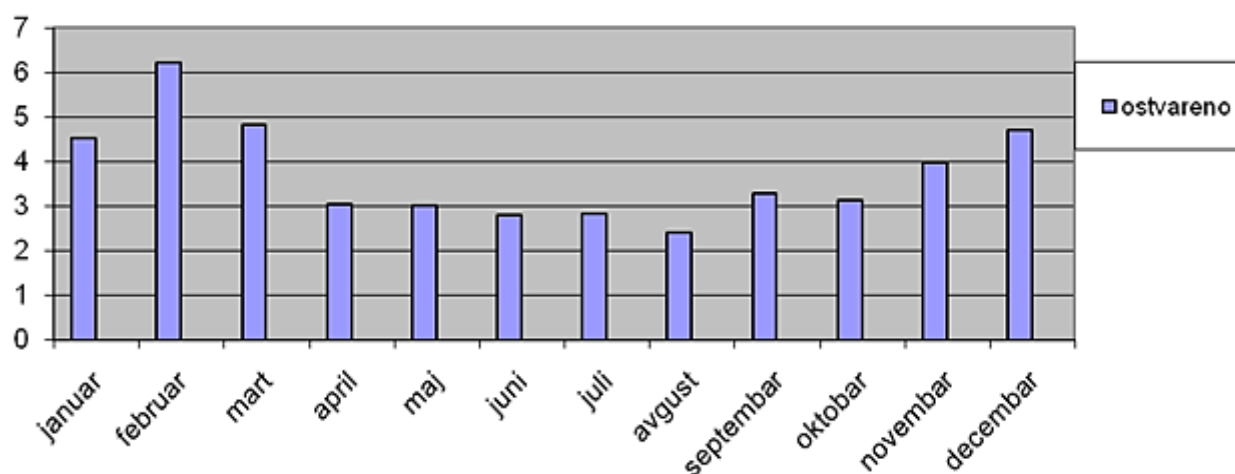
U Pivari 3, se za razliku od Pivare 1 i Pivare 2 proizvodi samo pivo. U tabeli 5. prikazana je specifična potrošnje kotlovske goriva (mazuta) za jednu posmatranu godinu u Pivari 3.



Tabela 5. Specifična potrošnja kotlovskeg goriva (mazuta) za jednu posmatranu godinu - Pivara 3

	Specifične potrošnja mazuta [kg/hl piva]
Planirani normativ	-
Ostvarena mjesečna specifična potrošnja	2,412 – 6,226
Godišnji prosjek	3,474

Na slici 3. prikazana je ostvarena specifična potrošnja kotlovskeg goriva u Pivari 3, na mjesečnom nivou tokom jedne posmatrane godine.



Slika 3. Ostvarena specifična potrošnja kotlovskeg goriva (kg/hl piva) za jednu posmatranu godinu u Pivari 3

Kao kotlovsko gorivo u Pivari 3 koristi se mazut. Ukupna potrošnja kotlovskeg goriva u Pivari 3 mjeri se mjernom letvom. Analizom navedene potrošnje vidi se nešto veća potrošnja kotlovskeg goriva za mjeseci januar, februar i decembar. Tokom ovih zimskih mjeseci kotlovsko gorivo se osim za proizvodnju pare koristi i za grijanje objekata.

3. Prijedlog mjera za povećanje resursne efikasnosti i smanjenje emisije polutanata u okolinu

Na osnovu prethodno prikazanih modela, te analiza dobijenih rezultata moguće je dati odgovarajuće preporuke kojima se može postići veća resursna efikasnost u Pivarna 1, 2 i 3. Preporučene mjere i njihovi mogući efekti su prikazani u tabeli 6.

**Tabela 6.** Preporuke za povećanje resursne efikasnosti u Pivari Tuzla

Prijedlog mjera za povećanje resursne efikasnosti	Način implementacije predloženih mjera	Efekti predloženih mjera
Preciznije mjerenje potrošnje mazuta	Instalirati digitalni mjerač kotlovskog goriva (mazuta), umjesto postojeće mjerne letve	Smanjenje potrošnje kotlovskog goriva, na osnovu tačnijeg proračuna stepena iskorištenja kotla i prijedloga mjera za njegovo poboljšanje
Mjerenje potrošnje pare	Instalirati mjerač protoka pare	Smanjenje potrošnje kotlovskog goriva, na osnovu tačnijeg proračuna stepena iskorištenja kotla i prijedloga mjera za njegovo poboljšanje.

Operativni režimi mogu imati značajan uticaj na efikasnost kotlovskog postrojenja. Pri tome se postavljaju ključni ciljevi:

- redukcija toplotnih gubitaka u vremenu van pogona, što se ostvaruje minimiziranjem broja kotlova u toplom stand-by režimu;
- redukcija kratkotrajnih osciliranja opterećenja, što se može ostvariti tehnikama upravljanja opterećenjem na strani korisnika (npr. bolja organizacija rasporeda proizvodnih procesa);
- izbjegavanje vođenja postrojenja na niskom opterećenju kroz pogon manjeg broja kotlova ili korištenjem alternativnih sredstava za posebne potrebe.

Da bi se odredilo optimalno opterećenje kotlova u radu tj. opterećenje pri kojem je najbolji stepen iskorištenja kotla, potrebno je mjeriti produkciju proizvedene pare i odrediti pri kojem opterećenju kotla se troši najmanje kotlovskog goriva. Dakle, da bi se ostvarila ušteda kotlovskog goriva potrebno je ugraditi mjernu opremu za mjerenje produkcije pare ali i potrošnju kotlovskog goriva. Mjerenje produkcije pare je značajno zbog bilansiranja i optimizacije potrošnje pare za različite potrošače u proizvodnom pogonu. Prema Klajić M., Gvozdenac D., poboljšanjem operativnih procedura i upravljanja rasporedom opterećenja unutar kotlovnice moguće je uštediti do 4 [%] energije goriva.

Ako bi se u Pivari 1 implementirala realizacija sistema za poboljšanje operativnih procedura i upravljanja opterećenja kotlova za ugradnju mjerača za mjerenje proizvedene pare i mjerača za mjerenje potrošnje mazuta bilo bi potrebno cca. 80.000,00 [KM]. Ako bi godišnja ušteda mazuta bila 2 [%], ušteda bi iznosila cca. 30.000,00 [KM]. Dakle, povrat investicije bi iznosio 2,7 godina.

4. Zaključak

U sklopu efikasne upotrebe resursa, racionalna upotreba energije podrazumjeva kontinuiranu pažnju i napore radi smanjivanja nepotrebne potrošnje energije.

Ocjena potrošnje kotlovskog goriva u Pivarama 1 i 3 se vrši periodično, na relativno neprecizan način, s obzirom da se u posmatranim Pivarama ne mjeri potrošnja pare, na osnovu trenutno dostupnih podataka ne može se uspostaviti uzročno-posljedična veza između različitih režima rada kotlova i potrošnje kotlovskog goriva. Manja specifična potrošnja kotlovskog goriva tj. manja potrošnja kotlovskog goriva po jedinici proizvedenog proizvoda znači smanjenje potrebne toplotne energije i uštedu kotlovskog goriva ali i smanjenje uticaja na okoliš.



5. Literatura

1. Tehničke upute, prehrambena industrija sektor: proizvodnja piva, Sarajevo, juli 2008.
2. Štefanić K., Marić V.: Pivarski priručnik, Jugoslovensko udruženje pivara, Beograd, 1990.
3. Živković D., Laković S., Rašković P., Laković M. (2000, septembar 17-19). *Mass, energy and exergy balance of the brewing process*, ENERGY FORUM, Varna, Bulgaria
4. Bubacz M., McCreanor P., Jenkins H. (2013). *Engineering of Beer: Hard Work or Too Much Fun?*, ASEE Southeast Section Conference
5. Petersen, H. (1996). Pivara i njena oprema, Jugoslovensko udruženje pivara, Beograd
6. Klajić M., Gvozdenac D.: Procena energetske efikasnosti kotlova u AP Vojvodine, www.simterm.masfak.ni.ac.rs/proceedings2007/papers/sessions/2_Energetska_efikasnost/ decembar 2012.

ANALIZA ZATVORENIH VLAŽNIH RASHLADNIH TORNJEVA I NJIHOVA PRIMENA U HLAĐENJU ZGRADA

ANALYSIS OF CLOSED WET COOLING TOWERS AND ITS APPLICATIONS IN COOLING OF

Dr Dragan Škobalj,
Dr Velemir Zekić

VŠU Univerzitet "Privredna akademija" Brčko Distrikt, BiH, FTN

UDK: 66.045.5:621.565.3

DOI: 10.7251/AKPR2401116S

Sažetak: Predstavljene su teoretske analize i kompjutersko modeliranje zatvorenih vlažnih tornjeva. Eksperimentalna merenja karakteristika prototipa tornja korišćena su za definisanje koeficijenta prenosa tornja.

Količine protoka u tornju, broj cevi i redova su optimizovani za potrebna opterećenja usled hlađenja i da bi se postigao potreban koeficijent (COP).

Učinak rashadnog sistema koji je rashlađivao kancelarije, analiziran je korišćenjem prelaznog sistema koji simulira okruženje. Sistem za hlađenje se sastojao od CWCT, rashladnog plafona, pumpi i ventilatora. U simulaciji je uvedena strategija kontrole, uključujući noćno hlađenje. Rezultati označavaju efikasan učin i visoke COP vrednosti za sistem.

Ključne reči: rashladni toranj, rashladni plafon, model tornja, simulacije

Abstract: Theoretical analysis and computational modeling of closed wet cooling towers (CWCT) are presented. Experimental measurements for performance of a prototype tower are used to define the tower transfer coefficients. Tower flow rates and number of tubes and rows are optimized for the required cooling load and to achieve high coefficients of performance (COP). The performance of cooling system used to cool office buildings is simulated using the transient system simulation environment. The cooling system consisted of CWCT, chilled ceilings, pumps and a fan. A control strategy, including night cooling, is introduced in the simulation. The results indicate efficient performance and high COP value for the system.

Key words: cooling tower, chilled ceiling, tower model, simulation

1. Uvod

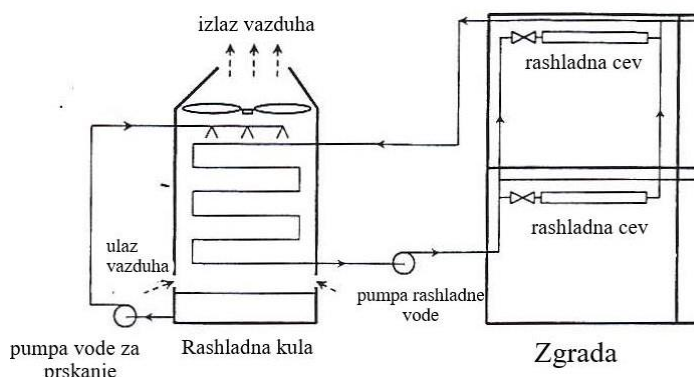
Rashlađeni plafoni velikih površina funkcionišu u skladu sa principima zračenja i konvektivnog prenosa toplote. Oni mogu funkcionisati na malim temperaturnim razlikama između sobnog vazduha i površine rashladne ploče. To rezultira manjim brzinama vazduha u prostoriji, što obezbeđuje visok nivo komfora za korisnike. U poređenju sa konvencionalnim sistemima, rashlađeni plafoni zahtevaju manju zapreminu za sistem raspodele, pored količine ventilacije koja se može smanjiti na niže nivoe.

Upotreba vode kao sredstva prenosa toplote umesto vazduha ima za cilj smanjenje energije potrebne za pumpanje. Upotreba ulazne vode relativno više temperature koja iznosi oko 20 °C je moguća upravo pomoću zatvorene vlažne rashladne kule (CWCT).

Unutar zatvorene vlažne rashladne kule teku tri fluida: rashladna voda, prskana voda, vazduh. Rashladna voda je fluid koji se hladi i koji teče u cevima poređanim u redove u kuli. Prskana voda se ubrizgava na površine cevi i recirkuliše u zatvorenom krugu koji je čini fluidom posrednikom u procesu prenosa toplote. Toplota koja odlazi iz zgrade pomoću rashladne vode prenosi se do prskane vode kroz zidove cevi. Iz prskane vode prenosi se do vazduha kao osetna-konvektivna, tako i kao latentna toplota. Drugopomenuta vrsta toplote ima najveći doprinos i nastaje isparavanjem malih količina prskane tečnosti u vazdušni tok. Upotreba rashladnih kula zatvorenog tipa, koje predstavljaju opremu sa indirektnim kontaktom omogućava visok nivo čistoće cevi, što znači efikasne površine za prenos toplote, smanjeni troškovi održavanja i duži radni vek.

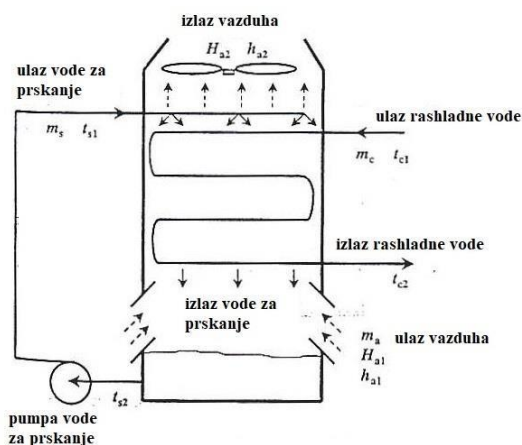
Kada se koristi za rashlađivanje zgrada, sistem koji se sastoji od (CWCT) i rashladnog plafona ne košta mnogo, nema CFC i ekološki je čist. Početni i troškovi rada sistema su mali u poređenju sa tradicionalnim rashladnim sistemima sa komprimovanom parom. Mala potrošnja energije stvara viši koeficijent učinka: manje emitovanje CO₂.

Slika 1 prikazuje osnovne komponente rashladnog sistema. Koristeći efekat prirodnog hlađenja, zatvorena vlažna rashladna kula snižava temperaturu rashladne vode, što zavisi od uslova spoljnog vazduha i efikasnosti prenosa toplote.



Slika 1. Komponente sistema

Temperatura po vlažnom termometru je, teoretski, granica za najnižu temperaturu dodirnih površina vazduha i vode sa beskonačnom površinom. Upotreba sistema sa temperaturom po vlažnom termometru je moguća na mnogo lokacija u Evropi. Slika 2 daje šematski prikaz CWCT.



Slika 2. Raspored kule



Upotrebom rashladnog sistema zavisnog od klimatskih uslova očekuje se pregrevanje tokom nekoliko dana u godini. Pregrevanje se može smanjiti na najmanju moguću meru metodama koje koriste uskladištenu energiju hlađenja koja je dostupna noću zbog niskih temperatura po vlažnom termometru, koji je takođe jeftin zbog malih troškova za struju. Te metode uključuju skladištenje energije za hlađenje u masi zgrade primenom strategije noćnog hlađenja [1], ili skladištenje rashlađene vode u odgovarajuće rezervoare.

Označavanje:

A – površina (m^2)

C_H – specifični toplotni kapacitet vlažnog vazduha (kJ/kgK)

C_w – specifični toplotni kapacitet vode (kJ/kgK)

COP – koeficijent učinka

d – unutrašnji prečnik cevi (m)

D – spoljašnji prečnik cevi (m)

G_a – brzina vazdušne mase na osnovu minimalnog preseka ($kg/(s \cdot m^2)$)

h – entalpija (kJ/kg)

h_{ig} – latentna toplota isparavanja vode (kJ/kg)

H – udeo vlage u vlažnom vazduhu ($kg\ vode/kg\ suvog\ vazduha$)

k – koeficijent prenosa mase ($kg/(s \cdot m^2)$)

k_w – toplotna provodljivost zida cevi ($W/(mK)$)

m – maseni protok (kg/s)

N_r – broj redova

N_t – broj cevi

q – količina prenesene toplote (W)

q_L – latentna toplota (W)

q_{sn} – konvektivna – osetna toplota (W)

Re – Rejnoldsov broj

t – temperatura ($^{\circ}C$)

V_m – brzina vazduha u minimalnom preseku (m/s)

W – instalisana snaga (W)

Grčka slova:

α – koeficijent konvektivnog prenosa toplote ($W/(m^2K)$)

η – efikasnost (ventilatora ili pumpe)

Γ – protok prskane vode po širini jedinice ($kg/s \cdot m$)

Znakovi napisani ispod osnovne oznake:

a – vazduh

c – rashladna voda

e – isparavanje

i – dodirna površina



s – prskana voda

1 – ulaz do kule

2 – izlaz iz kule

Znakovi napisani iznad osnovne oznake:

zasićeno stanje

Zatvorene vlažne kule se obično koriste u industriji za opseg temperatura preko opsega namenjenog za hlađenje zgrada. Projekti za takve svrhe rezultuju se velikom snagom za protok vazduha i za protok prskane vode kada se koriste za unutrašnje temperature u opsegu 23-25 °C.

Prototip zatvorene vlažne rashladne kule suprotnosmernog toka sa nominalnom snagom hlađenja od 10 kW je projektovan za hlađenje poslovnih zgrada. U ovom radu ćemo predstaviti teoretski pristup primenjen radi analize procesa prenosa mase i toplote u cilju razvijanja kompjuterskog modela za simuliranje rada zatvorene vlažne rashladne kule (CWCT). Što se tiče određene kule neophodno je napraviti korelaciju eksperimentalnih podataka za kulu, da bi se utvrdili praktični parametri kule. Iz tog razloga merenja iz testiranja prototipa kule se koriste za izvođenje zaključaka o koeficijentima prenosa u kulama. Cilj je postizanje visokih vrednosti koeficijenta učinka za eliminisanje zahtevanog opterećenja, za optimizaciju količine protoka u kuli u smislu količine protoka vazduha i odgovarajućeg broja cevi i redova.

2. Pregled literature

Parker i Trejbal [2] su prvi istraživači koji su predstavili detaljnu analizu suprotnosmernih evaporativnih tečnih rashladnih uređaja na osnovu četiri modela rada rashladnih uređaja. U analizi je pretpostavljena linearna funkcija entalpije zasićenog vazduha od temperature. Predstavljene su empirijske korelacije za poređane cevi spoljnog prečnika 19 mm. Za koeficijent prenosa toplote (α_s) između zida cevi i mase prskane vode.

$$\alpha_s = 704 (1,39 - 0,022t_s) \left(\frac{\Gamma}{D}\right)^{1/3} \quad (1)$$

gde je t_s temperatura prskane vode, Γ količina protoka prskane vode po jedinici širine, a D spoljni prečnik cevi.

Za koeficijent prenosa mase (k) između zasićene dodirne površine vazduha i vode i vazdušne mase

$$k = 0,049 G_a^{0,905} \quad (2)$$

gde je G_a brzina vazdušne mase.

Mizushina i drugi [3] su sprovedi seriju ispitivanja suprotnosmernih evaporativnih hladnjaka. Tri cevne zmijske sa spoljnim prečnicima cevi od 12.7, 19.05 i 40 mm korišćeni su za utvrđivanje uticaja koji prečnik cevi ima na koeficijente prenosa toplote i mase. Rezultati za koeficijent prenosa mase su predstavljeni u obliku funkcije Rejnoldsovog broja za vazduh (Re_a) i Rejnoldsovog broja za prskanu vodu (Re_s).

$$\alpha_s = 2100 \left(\frac{\Gamma}{D}\right)^{1/3} \quad (3)$$

$$k \cdot A_v = 5,028 \times 10^{-8} \cdot Re_a^{0,9} \cdot Re_s^{0,15} \cdot D^{-2,6} \quad (4)$$

gde je A_v kontaktna površina po jedinici zapremine. Ovi odnosi važe za opseg

$$1.5 \times 10^3 < Re_a < 8.0 \times 10^3 \text{ i } 50 < Re_s < 240.$$

Iz jednačine (4) se vidi da je Re_a dominantna.



U drugom radu Mizushina i drugi [4] su postavili ograničenje projekta za evaporativni tečni hladnjak, uzimajući u obzir promenu temperature prskane vode unutar kule. Entalpija zasićenog vazduha je analizirana kao linearna jednačina u opsegu radnih temperatura, a ignorisano je isparavanje prskane vode.

Nitsu i drugi [5-7] su ispitivali obične i orebrene cevi. Obične cevi bile su poređane u tačno određenom rasporedu sa spoljnim prečnikom od 16 mm. Korelacija za obične cevi su:

$$\alpha_s = 900 \left(\frac{r}{D} \right)^{0.46} \quad (5)$$

$$k = 0,076 G_a^{0,88} \quad (6)$$

Predstavljene korelacije su široko usaglašene. Finlay i Harris [8] su pomenuli da bi jedan izraz koji se odnosi na korelacije mogao pokazati rasejavanje od $\pm 30\%$, što se ne smatra preteranim za dvofazni turbulentni tok.

Koschenz [9] je predstavio model zatvorenih vlažnih kula koji se koriste sa rashladnim plafonima. Napravio je dve pretpostavke: prva, konstantna temperatura prskane vode duž kule i druga da je temperatura prskane vode bila jednaka temperaturi izlazne rashladne vode. Međutim, temperatura prskane vode je promenljiva unutar kule, ako se ignoriše gubitak toplote iz cevi sa prskanom vodom van zatvorenih vlažnih kula, temperatura prskane vode biće jednaka na ulazu i izlazu iz kule.

Zalewski i Gryglaszewski [10] su predstavili matematički analitički model za jednačine prenosa toplote i mase za evaporativne fluidne hladnjake.

Analogija između prenosa mase i toplote je primenjena radi dobijanja koeficijenta prenosa mase (k_x) iz korelacije prenosa toplote u fluidima koji teku preko snopa cevi. Debljina filma prskane vode je procenjena i razmatrana u proceduri izračunavanja brzine vazduha u minimalnom preseku protoka. Napravljeno je poređenje sa eksperimentalnim rezultatima za evaporativne hladnjake napravljene od 14 čeličnih cevi spoljnog prečnika 25 mm poređanih u tačno određenom redosledu, koji su postavljeni u 4 reda. Predložena je korekcija koeficijenta prenosa mase kao funkcija temperature unutrašnjeg vazduha po vlažnom termometru t_{wb} u cilju poboljšanja usaglašenosti eksperimentalnih i izračunatih podataka na sledeći način:

$$k = 2,937 \cdot \exp(-0.0834 t_{wb}) \cdot k_x \quad (7)$$

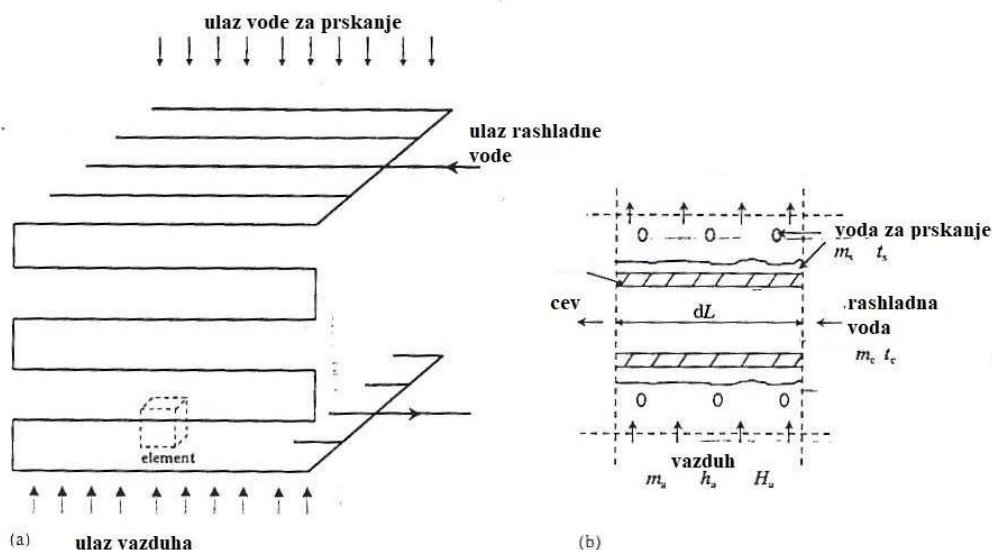
Gan i Riffat [11] su primenili kompjutersko izračunavanje dinamike fluida (CFD) da bi predvideli karakteristike zatvorenih vlažnih rashladnih kula, onako kako se primenjuje na dvofazni protok vazduha i kapi vode, pretpostavljajući ujednačenu raspodelu toplotnog fluksa po zapremini u namotajima cevi.

Rezultati kompjuterskog izračunavanja su pokazali porast temperature rashladne vode za niže redove u kuli. To ponašanje je pripisano pretpostavci ujednačenog stvaranja toplotnog fluksa. U stvarnosti, toplotni fluks je veći za gornje redove zbog viših temperatura ulazne rashladne vode.

U svom najnovijem radu Gan i drugi [12] su pretpostavili linearnu raspodelu toplotnog fluksa duž kule, koji je bio dva puta viši za gornje nego za donje redove cevi. Zaključak analize za polja pod pritiskom, predviđeni gubici pritiska za jednofazni protok vazduha preko cevi bili su dobro usaglašeni sa procenjenim vrednostima iz empirijskih jednačina. Što se tiče toplotnih karakteristika kule, zaključeno je da je najbitnije uključiti modele za toplotne karakteristike kule koji će se koristiti sa kompjuterskim izračunavanjem dinamike fluida u cilju definisanja raspodele toplotnog fluksa, u suprotnom bilo kakva raspodela toplotnog fluksa bi stvorila netačne rezultate.

3. Teoretske analize

Za stacionarne uslove pretpostavlja se količina protoka prskane vode dovoljna da pokvasi sve površine cevi. Slika 3a prikazuje namotaje cevi unutar kule. Uzevši element površine cevi dA , slika 3b prikazuje smer protoka tri struje (rashladna voda, prskana voda i vazduh) unutar elementa.



Slika 3. Tokovi struja (a) oko cevne zmiije (b) unutar elementa

Analiza bilansa mase i energije definiše matematičke jednačine za karakteristike kule.

3.1. Bilans energije

3.1.1. Prenos toplote sa rashladne vode na prskanu vodu

Toplotno opterećenje zgrade se smanjuje rashladnom vodom, što rezultira porastom njene temperature. U kuli, kao rezultat temperaturnog gradijenta između rashladne vode temperature (t_c) i prskane vode temperature (t_s), toplota se prenosi kroz cev zida do prskane vode.

Veličina gubitka toplote pomoću rashladne vode (dq_c) je

$$dq_c = m_c \cdot c_w \cdot dt_c = - U_0 (t_c - t_s) \cdot dA \quad (8)$$

gde je U_0 koeficijent ukupnog prenosa toplote baziran na spoljnoj površini cevi.

On obuhvata koeficijent prenosa toplote između rashladne vode i unutrašnje površine zida cevi (α_c), toplotnu provodljivost zida cevi (k_w) i koeficijent prenosa toplote između spoljne površine zida i mase prskane vode (α_s). Izražava se kao

$$\frac{1}{U_0} = \frac{1}{\alpha_c} \left(\frac{D}{d}\right) + \frac{D}{2k_{ww}} \ln \left(\frac{D}{d}\right) + \frac{1}{\alpha_s} \quad (9)$$

gde su D i d spoljni i unutrašnji prečnik cevi.

3.1.2. Prenos toplote sa dodirne površine vazduh-voda na masu vazduha

Toplota koju dobija vazдушna struja (dq_a) je uzrokovana prenosom toplote sa dodirne površine vazduh-voda. Sastoji se od osetnog-konvektivnog (dq_{sn}) i latentnog dela (dq_L)

$$dq_a = m_a \cdot dh_a = dq_{sn} + dq_L \quad (10)$$

Zamenom osetne-konvektivne i latentne toplote dobija se

$$dq_a = m_a \cdot dh_a = \alpha_i (t_i - t_a) \cdot dA + k (H_i' - H_a) h_{fg} \cdot dA \quad (11)$$

gde je α_i koeficijent prenosa toplote za vazдушnu stranu dodirne površine, h_{fg} latentna toplota od isparavanja vode, a H_i' vlažnost zasićenog vazduha na temperaturi dodirne površine (t_i).



Entalpija smeše vazduha i vodene pare predstavljena je pomoću

$$h_a = C_H \cdot t_a + h_{fg} \cdot H_a \quad (12)$$

gde je C_H specifični toplotni kapacitet vazduha koji se smatra konstantnim. Tako se temperatura vlažnog vazduha može napisati

$$t_a = \frac{h_a - h_{fg} \cdot H_a}{C_H} \quad (13)$$

Zamenom t_a i t_i iz jednačine (13) u jednačini (11) dobijamo

$$m_a \cdot dh_a = \left\{ \alpha_i \left[\frac{h'_i - h_{fg} \cdot H'_i}{C_H} - \frac{(h_a - h_{fg} \cdot H_a)}{C_H} \right] + k \cdot (H'_i - H_a) h_{fg} \right\} dA \quad (14)$$

stoga je

$$m_a \cdot dh_a = \left[\frac{\alpha_i}{C_H} (h'_i - h_a) + h_{fg} k \left(1 - \frac{\alpha_i}{k \cdot C_H} \right) (H'_i - H_a) \right] dA \quad (15)$$

Član α_i / kC_H koji se pojavljuje na desnoj strani jednačine (15) se naziva Lewis broj (Le). Lewis broj (Le) je definisan kao

$$Le^{1-n} = \frac{\alpha_i}{k \cdot C_H} \quad (16)$$

On označava relativan odnos veličina propagacije energije i mase unutar sistema. U skladu sa ASHRAE osnovama [13], Luisova relacija za mešavinu vazduha i vodene pare može se uzeti kao

$$\frac{\alpha_i}{C_H} \approx 1 \quad (17)$$

Tako se jednačina (15) može svesti na

$$m_a \cdot dh_a = k \cdot (h'_i - h_a) \cdot dA \quad (18)$$

Tečna strana dodirne površine nudi zanemarljiv otpor prenosu toplote [14], tako da se entalpija dodirne površine (h'_i) u jednačini (18) može smatrati jednakom sa entalpijom zasićenog vazduha (h'_s) na temperaturi prskane vode (t_s). Tako se jednačina (18) može preformulisati na

$$dq_a = m_a \cdot dh_a = k \cdot (h'_s - h_a) \cdot dA \quad (19)$$

Jednačina (19) se zove Merkelova jednačina [15]. Ona pokazuje da se prenos energije može predstaviti kao sveukupan proces baziran na razlici potencijala entalpija između dodirne površine vazduh-voda i mase vazduha kao pogonske sile.

3.1.3. Ukupni bilans energije za element

Bilans energije za tri struje koje teku unutar elementa prikazanog na slici 3b daje

$$dq_c + dq_a + dq_s = 0 \quad (20)$$

Prenos toplote prskane vode može se predstaviti pomoću

$$dq_s = C_w \cdot d(m_s \cdot t_s) \quad (21)$$

gde je m_s količina protoka mase prskane vode. Uobičajena je praksa da se pretpostavi konstantna vrednost u jednačini 21 [14].



To se može objasniti pretpostavkom da je ukupna odbačena toplota samo latentna toplota dq_L iz jednačine (10), što daje maksimalnu varijaciju m_s zbog isparavanja. Stoga za snagu od 10 kW količina isparavanja biće manja od 0,3 % od nominalne količine protoka prskane vode od 1,37 kg/s, što potvrđuje pretpostavku konstantne vrednosti m_s u jednačini (21). Stoga jednačina (20) postaje

$$m_C \cdot C_w \cdot dt_c + m_a \cdot dh_a + m_s \cdot C_w \cdot dt_s = 0 \quad (22)$$

3.1.4. Distribucija temperature prskane vode

Temperatura prskane vode varira unutar kule u skladu sa visinom elementa. Ako se pretpostavi da su cevi za prskanu vodu van kule izolovane ili da je gubitak vode praktično zanemarljiv, temperatura prskane vode na ulazu će biti jednaka temperaturi prskane vode na izlazu.

$$t_{s1} = t_{s2} \quad (23)$$

Kada se jednačina (20) primeni na celu kulu, termin dq_s će nestati.

Za gornje redove, kao rezultat visoke temperature vode na ulazu i visoke vrednosti entalpije vazduha, koja je nastala protokom vazduha unutar kule, deo toplote koji se izgubi iz rashladne vode zadržava se u prskanoj vodi, što rezultira porastom t_s .

Što su redovi niži, entalpija vazduha na ulazu je niža, prskana voda pojačano odaje toplotu vazduha, što za posledicu ima smanjenje t_s . Ovaj fenomen reguliše distribuciju temperature prskane vode po visini kule.

3.2. Bilans mase

Za izračunavanje količine isparavanja prskane vode (m_e), bilans mase za element daje

$$m_e = m_a \cdot dHa = k (H'_s - H_a) \cdot dA \quad (24)$$

Pomoću jednačina (8), (19) i (22) – (24) upravlja se procesom prenosa toplote i mase za elemente u kuli.

4. Model kompjuterskog računanja

4.1. Procedura modela rešavanja

Kula je podeljena na osnovne zapremine, od kojih svaka okružuje cev dužine dL i površine dA , kao što je prikazano na slici 3b. Definisane su osobine rashladne vode, prskane vode i vazduha na graničnim površinama. Za svaki element se izvodi izračunavanje bilansa energije i mase. Razmena podataka između susednih elemenata zavisi od smera tečenja: horizontala za temperaturu rashladne vode i vertikalna za temperaturu prskane vode (tečenje nizvodno) i vazduha (tečenje uzvodno). Za odgovarajuće količine protoka mase i koeficijente prenosa (k i α_s), broj promenljivih uključenih u jednačine prenosa toplote i mase za svaki element iznosi osam: ulazne i izlazne vrednosti t_c , t_s , h_a , H_a . Postoje tri ulazna parametra za kulu (t_{c1} , h_{a1} i H_{a1}) i pet jednačina ravnoteže jednačine (8), (19) i (22) – (24), koje će rešenje održati primenljivim.

Rešavanje počinje uzimanjem prvog elementa u gornjem toku koji okružuje ulaznu cev za rashlađenu vodu i nastavlja u smeru tečenja rashladne vode. Prenos ulaznih parametara na gornji tok (za ulaznu rashladnu vodu t_{c1}) i na donji tok važi za primenu iterativne metode. To se postiže pretpostavljanjem vrednosti za h_{a2} i t_{s1} u gornjem toku. Prve vrednosti su temperatura ulaznog vazduha po vlažnom termometru za t_{s1} i entalpija spoljnog vazduha za h_{a2} .



Prva iteracija se izvodi da bi se postigla jednakost t_{s1} i t_{s2} (jednačina 23). Shodno tome, druga se izvodi radi provere izračunate entalpije unutrašnjeg vazduha sa stanjem unutrašnjeg vazduha h_{a1} .

Drugopomenuta iteracija će izmeniti rešenje dobijeno za t_{s1} , pa su za dva rešenja koja će eventualno dovesti do konvergencije rešenja potrebne sukcesivne iteracije.

U model se uvodi projektovana vrednost za 174,654 kW evaporativni tečni hladnjak koji su pomenuli Mizushina i drugi [4]. Hladnjak se sastoji od 20 cevi spoljnog prečnika 34 mm raspoređenih u 13 redova, sa unutrašnjom temperaturom 50 °C. Primećeno je da između izlaznih vrednosti modela i projektovanih podataka za ocenu postoji razlika manja od 1 %, što potvrđuje preciznost modela.

Model se koristi za simulaciju rada prototipa zatvorene vlažne rashladne kule u sistemu hlađenja. Simulacija rashladnog sistema biće predstavljena u daljem tekstu.

4.2. Koeficijenti prenosa kule

Prototip kule sastoji se od 19 cevi spoljnog prečnika 10 mm poređanih po tačno utvrđenom redosledu u 12 redova sa širinom kule od 0.6 m. Svaka cev u redu je dugačka 1.2 m. Uzdužni i poprečni zazor cevi je 0,02 i 0,06 m.

Nominalni podaci za kulu su: količina protoka vazduha 3,0 kg/s, količina protoka rashladne vode 0,8 kg/s, količina protoka prskane vode 1,37 kg/s, temperatura ulazne rashladne vode 21 °C i ulazna temperatura po vlažnom termometru 16 °C.

Prototip kule je instaliran u Portu. Partner projekta (Tehnički fakultet Univerziteta u Portu) je dostavio podatke merenja dobijene pri testiranju kule, koje je pokazalo da je temperatura prskane vode na ulazu kule bila niža nego u napojnom rezervoaru kule za oko 0,3 °C. Ta razlika može nastati usled činjenice da napojni rezervoar kule i cevi za prskanu vodu izvan kule nisu izolovani, što je slučaj u praksi.

Možemo pretpostaviti da je teorijska analiza zatvorenih vlažnih kula ispunjena i da se sva toplota koju emituje rashladna voda prenosi u tok vazduha (tj. da se iz posuda i cevi u kuli toplota ne gubi).

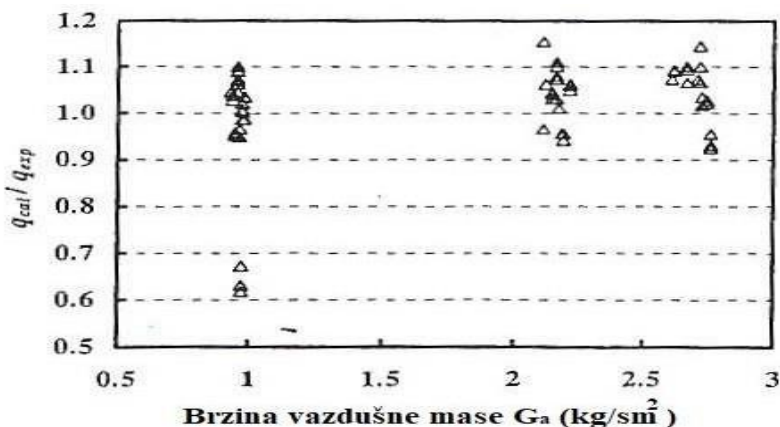
Za takav slučaj i za svaki set podataka iz testiranja kao ulazni podaci u model se unose količine protoka mase, stanje ulaznog vazduha i temperatura rashladne vode. Zato se ulazna i izlazna temperatura prskane vode mogu računati kao jedinstvena vrednost.

Kada je kao ulazni podatak za model data temperatura izlazne rashladne vode (t_{c2}), koeficijent prenosa mase (k) u kuli će biti nepoznat, dok će se Parker i Treybal korelacija, jednačina (1) koristiti za procenu koeficijenta prenosa toplote (α_s).

Parametar koji utiče na vrednost k je Re_a . Zato se za posebnu geometriju kule korelaciona jednačina za koeficijent prenosa mase može predstaviti kao funkcija brzine vazdušne mase (G_a) koja je zasnovana na brzini vazduha u minimalnom preseku V_m . Zaključak korelacije za ukupno 60 merenih setova za $0,96 < G_a < 2,76 \text{ kg / (s}\cdot\text{m}^2)$ iznosi

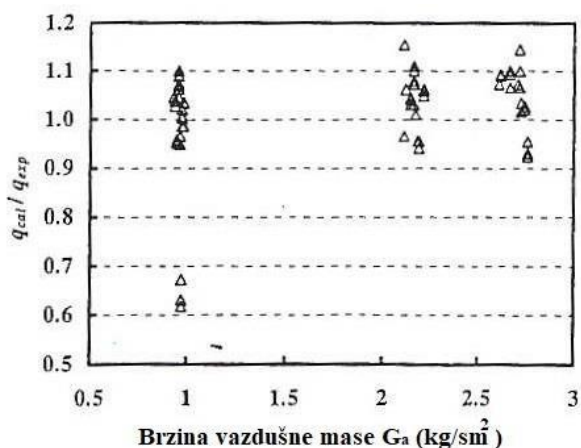
$$k = 0,065 G_a^{0,773} \quad (25)$$

Slika 4 prikazuje rasejanje koeficijenata prenosa mase izračunatih iz podataka testiranja i iz izvedenih korelacionih jednačina. Vrednosti modela koji pokazuju korelaciju pokazuju dobru procenu odbačene toplote za 57 testiranih setova.



Slika 4. Izračunati koeficijent prenosa mase na osnovu eksperimentalnih merenja i utvrđen jednačine korelacije mase

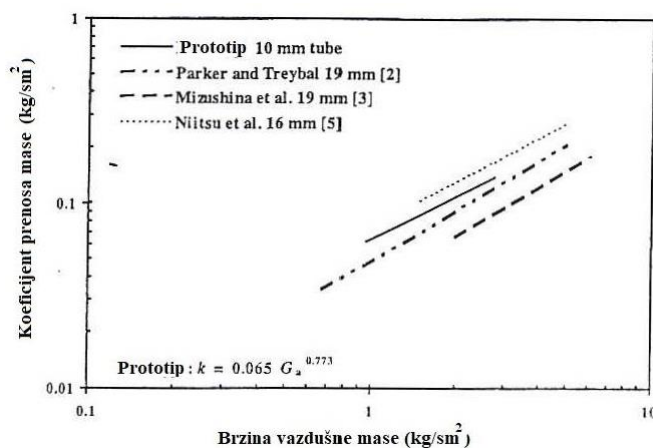
Odnos izračunate i odbačene toplote u eksperimentima je između 92 i 115 %, kao što je prikazano na slici 5.



Slika 5. Odnos izračunate razmenjene toplote pomoću modela (q_{cal}) i izmerene razmenjene toplote (q_{exp})

Zaključna korelacija prikazana je na slici 6 u obliku logaritamske skale u poređenju sa korelacijama za ostale radove koji su napravili Parker i Treybal [2], Mizushina i drugi [3] i Nitsu i drugi [5-7].

Slika 6 pokazuje da jednačina (25) potpada u opseg sličnih korelacija.

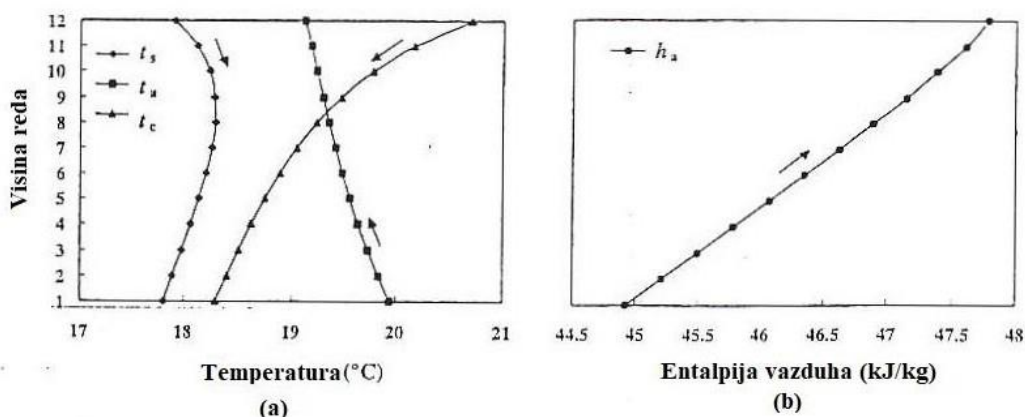


Slika 6. Poređenje koeficijenata prenosa mase prototipa i drugih radova

Koeficijenti prenosa u kuli moraju biti nezavisni od temperature rashladne vode zato što je ona uključena u fizičku analizu. Stoga se uticaj temperature ulazne vode ne uzima u obzir, zaključak je Facao i Oliveira [16] u skladu sa njihovim eksperimentalnim opažanjima.

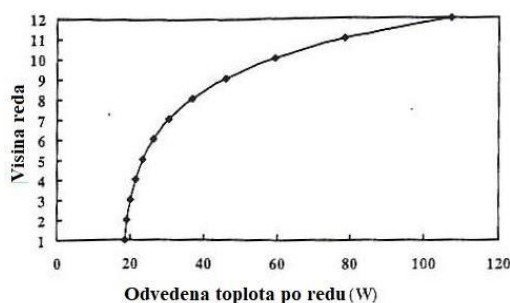
4.3. Učinak modela

Ustanovljavanjem koeficijenta prenosa u kuli i upotrebom predstavljenog modela moguće je predvideti karakteristike kule sa promenljivim količinama protoka i uslovima spoljnog vazduha. Eksperimentalni podaci nisu uključivali nominalni protok vazduha od 3,0 kg/s, što je rezultat tehničkih poteškoća koje se odnose na kapacitet ventilatora. Međutim, moguće je predvideti karakteristike kule za nominalnu količinu protoka vazduha, za koju slika 7 prikazuje distribuciju temperature i entalpije za elemente u središnjem redu duž kule. Visina reda 12 odnosi se na najviši nivo. Slika 7a prikazuje pad temperature rashladne vode, pad temperature vazduha po suvom termometru i raspodelu temperature prskane vode. Poslednja pomenuta osobina se povećava za gornje redove, a opada za niže postavljene redove. Pretpostavlja se da je temperatura vazduha po suvom termometru 20 °C, sa slike 7a se vidi da je temperatura vazduha po suvom termometru viša od temperature prskane vode, a smer prenosa osetne-konvektivne toplote je od vazduha do prskane vode. Rezultat je pad temperature vazduha po suvom termometru. To znači da vazduh gubi toplotu u obliku osetne-konvektivne toplote, ali je istovremeno dobija u obliku latentne toplote, što je povezano sa porastom sadržaja vlage zbog isparavanja vode. Količina latentne toplote je veća, što rezultira porastom entalpije vazduha, kao što je prikazano na slici 7b.



Slika 7. Izračunata distribucija temperature (t_s , t_a , t_c) i distribucija entalpije vazduha duž kule nominalne uslove

Slika 8 prikazuje raspodelu odbačene toplote po redovima za jednu cev kule. Kao što je prikazano, raspodela toplote ima eksponencijalni oblik. To objašnjava nepreciznost u proračunima kada se pretpostavlja ujednačena ili linearna raspodela toplotnog fluksa.



Slika 8. Model izlaza za promenu odvedene toplote po redu za jednu cev duž kule za nominalne uslove i geometriju iste



5. Optimizacija količine protoka i broja cevi i redova

Model učinka pokazuje da za nominalne podatke o kuli odbačena toplota (q_c) iznosi 9250 W, a koeficijent učinka $COP = 4,6$. Koeficijent učinka COP definisan je kao:

$$COP = \frac{q_c}{W_{tot}} \quad (26)$$

W_{tot} je ukupna potrošnja snage definisana kao

$$W_{tot} = W_f + W_s \quad (27)$$

gde je W_f snaga ventilatora, a W_s snaga pumpe za prskanu vodu.

Predviđena ukupna potrošnja snage za nominalni slučaj iznosi 1990 W od čega ventilator ima najveći udeo 1850 W.

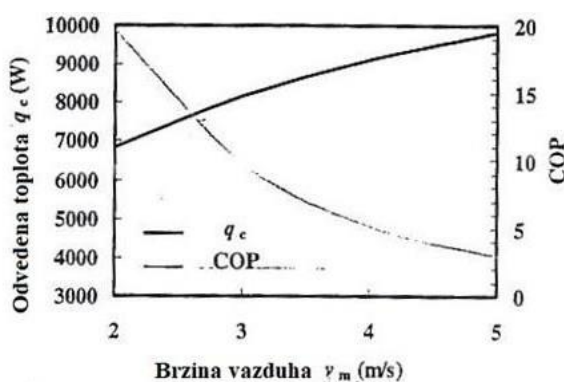
5.1. Uticaj brzine vazduha na odbačenu toplotu i COP

Analiza ukupne potrošnje snage predstavlja funkciju sledećih promenljivih.

$$W_{tot} = f(N_t, N_r, V_m, \eta_f, \eta_s) \quad (28)$$

gde su N_t i N_r broj cevi i redova, a V_m brzina vazduha u minimalnom preseku. Efikasnosti pumpe i ventilatora (η_p , η_s) mogu se naći u podacima proizvođača. Tako je jednačina (28) samo funkcija V_m za nominalni broj cevi i redova.

Na slici 9 su date karakteristike kule (q_c i COP), koje su određene u funkciji V_m i nominalnog broja cevi i redova.



Slika 9. Efekat brzine vazduha na odvedenu toplotu i COP za nominalnu geometriju kule ($N_t = 19$ i $N_r = 12$)

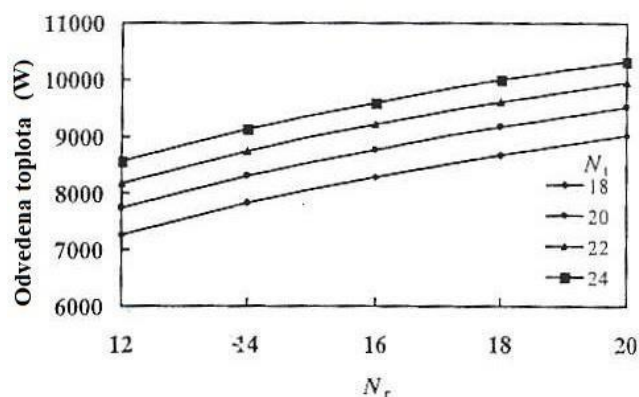
Brzina vazduha V_m iznosi 4,1 m/s za nominalnu količinu protoka vazduha. Iz ove slike vidimo da sa porastom V_a raste i odbačena toplota q_c , a manja su vrednosti COP. Nominalna snaga hlađenja od 10 kW moguća je sa većim brzinama vazduha, što znači niži koeficijent COP, te se radi boljih vrednosti učinka moraju razmotriti geometrija kule i količina protoka vazduha.

Pretpostavljajući vrednosti uzdužnih i poprečnih zazora između cevi koje su slične sa vrednostima prototipa kule, proučavanjem ukupne optimalne geometrije kule u smislu broja redova i cevi i količina protoka vazduha i prskane vode, moguće je zadovoljiti vrhunske parametre za kulu (q_c i COP). To se može postići razmatranjem podataka o padu pritiska iz merenja dobijenih testiranjem koja se koriste za procenu pada pritiska za različite brzine vazduha i vode. Izvedena jednačina korelacije (25)

može se koristiti za izračunavanje koeficijenta prenosa mase i kao funkcija brzine vazduha. Stoga se broj redova i cevi može optimizovati za karakteristike kule, kao funkcija brzine vazduha.

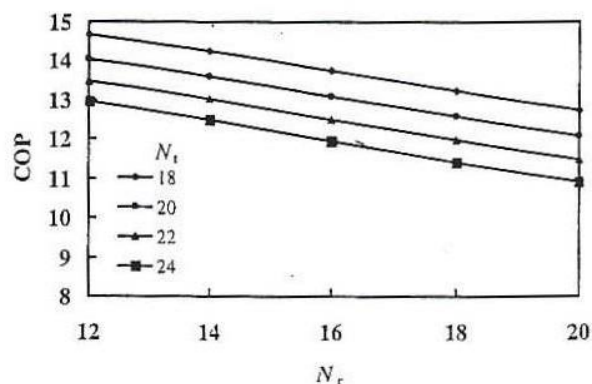
5.2. Uticaj povećanja broja cevi i redova

Za konstantnu brzinu vazduha, kada se poveća broj cevi (N_t) i broj redova (N_r) povećaće se dodirna površina, a to će rezultirati povećanjem odbačene toplote, kao što je prikazano na slici 10.



Slika 10. Efekat promene broja cevi (N_t) i broja redova (N_r) na odvedenu toplotu kule za brzinu vazduha 2,4 m/s u minimalnom preseku

To će uzrokovati opadanje COP zbog većih zahteva za potrošnjom snage koji proizilaze iz veće količine protoka vazduha i sa tim povezanog većeg pada pritiska, kao što je prikazano na slici 11.



Slika 11. Efekat promene broja cevi i broja redova na COP sistema za brzinu vazduha 2,4 m/s u minimalnom preseku

Međutim, zahtevi za snagom za velike kule sa malom brzinom vazduha su niži u poređenju sa malim kulama sa većom brzinom vazduha, zato što je ukupna potreba za snagom proporcionalna v_m^3 . Bolji koeficijent učinka može se dobiti kada se radi sa manjom brzinom vazduha i većom dodirnom površinom. Iz slika 10 i 11 može se napraviti optimalan izbor N_t i N_r . Iz ove dve slike vidi se da se odbačena toplota od 10 kW i vrednost COP 11,4 mogu dobiti kada je $N_r = 18$ i $N_t = 24$. U tom slučaju $m_a = 2,23$ kg/s, $m_s = 1,73$ kg/s i $W_{tot} = 875$ W od čega je 700 W snaga ventilatora.

Analiza je izvedena za nominalne uslove rada, dok aktuelni uslovi rada zavise od klime, lokacije i godišnjeg doba. Ipak, poboljšane karakteristike za referentne nominalne uslove rada daće naznaku poboljšanih karakteristika za aktuelne uslove rada.

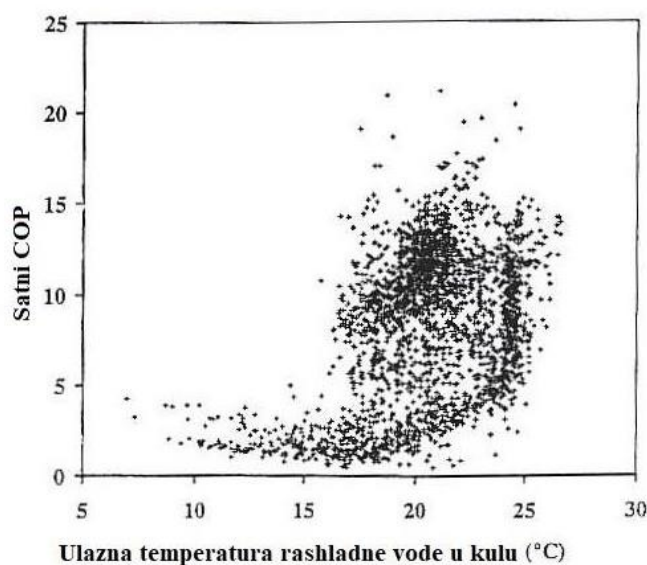
6. Simulacija rashladnog sistema

Karakteristike celokupnog rashladnog sistema prikazanog na slici 1 simulirane su uključivanjem modela zatvorenih vlažnih rashladnih kula, modela rashlađenog plafona i modela zgrade koja koristi simulaciju okruženja prelaznog režima [17]. Strategija kontrole efikasnog rada sistema, uključujući strategiju noćnog hlađenja takođe se smatra simulacijom sistema.

Poslovna zgrada je mala prostorija visine 2,9 m i površine poda od 9,7 m², sa dva prozora, svaki površine 1,26 m². Prostorije su se nalazile na suprotnim stranama sveta (severnoj i južnoj), da bi se istovremeno postigla dva različita opterećenja usled hlađenja. U sobi sa kompjuterom, štampačem i osvetljenjem bio je jedan korisnik koji je tu radio 8 sati dnevno radnim danima. Prilagođena je kontrola noćnog hlađenja. Predložena je linearna izmena podešene temperature između 18:00 – 24:00 i 00:00 – 8:00 sa minimalno podešenom temperaturom od 15 °C u 24:00 h. Na osnovu srednjih vrednosti koje se primenjuju za kancelarije, postavljena je rashladna ploča površine 6,6 m². U simulaciji su za zatvorene vlažne rashladne kule optimizovani brojevi cevi i redova. Primenjen je kriterijum koji ograničava ukupno godišnje maksimalno vreme od 40 h za sobne temperature više od 26 °C. Odabran je deo zgrade koji zadovoljava ovaj kriterijum.

Simulacija je izvođena korišćenjem referentnih fajlova o godišnjim klimatskim testovima za četiri lokacije u Evropi: Helsinki, Lisabon, London i Cirihi. Rezultati simulacije pokazuju da su godišnji koeficijenti COP viši od koeficijenata učinaka za konvencionalne sisteme sa komprimovanom parom. Na primer za poslovnu zgradu u Cirihi ukupne podne površine od 563 m² (58 prostorija) koeficijent COP sistema je bio 8,4 za period od 1. aprila do 31. oktobra.

Slika 12 pokazuje satni koeficijent COP u odnosu na temperaturu ulazne rashladne vode.



Slika 12. Rezultat simulacije sistema satne vrednosti COP za zgradu u Cirihi (1-3. April)

7. Zaključak

Model kompjuterskog izračunavanja zasnovan je na bazi razvoja teoretske analize karakteristika zatvorenih vlažnih rashladnih kula. Koeficijenti prenosa u kuli su izvedeni iz ispitivanja merenja toplotnih karakteristika prototipa kule. Izmereni podaci o padu pritiska, koeficijentu prenosa se koriste za optimizaciju broja cevi i redova, a količine protoka u kuli za dobijanje nominalne vrednosti odbačene toplote i visokih vrednosti COP.



Sistem hlađenja se sastoji od zatvorene vlažne rashladne kule nominalne snage 10 kW i rashladnih plafona.

Model je razvijen za zatvorene vlažne rashladne kule (CWCT) i plafona i uključen je u program simulacije globalnog sistema koji uključuje model zgrade koja koristi simulaciju okruženja prelaznog režima, model rashlađenih plafona, strategiju noćnog hlađenja, kontrolu sistema i modela za druge komponente.

Primena zatvorenih vlažnih rashladnih kula u hlađenju zgrada pokazuje efikasne karakteristike sa visokim koeficijentima COP. Rezultati simulacije naznačavaju prihvatljive temperature unutrašnjeg vazduha i relativno visok koeficijent COP za četiri lokacije u Evropi – Helsinki, Lisabon, London, Cirihi. Rezultati simulacije u poslovnoj zgradi u Cirihi pokazuju koeficijent COP od 8,4. Primarni i radni troškovi sistema su niski, a on je ekološki pogodan.

Literatura

1. P. Sprecher, B. Gasser, O. Bock, Control energy for cooled ceiling panels, ASHRAE, Transactions 101 (2) (1995) 711-716
2. R.O. Parker, R-E. Treybal, The heat mass characteristics of evaporative coolers Chemical Engineering Progress Symposium Series 57 (32) (1962)
3. T. Mizushina, R. Ito, H. Miyashita, Experimental study of an evaporative cooler International Chemical Engineering 7 (4) (1967)
4. Mizushina, R. Ito, H. Miyashita, Characteristics and methods of thermal design of evaporative cooler, International Chemical Engineering 8 (3) (1968)
5. Y. Nitsu, K. Naito, T. Anazai, Studies on characteristics and design procedure of evaporative coolers, Journal of SHASE, Japan 41 (12) (1967)
6. Y. Nitsu, K. Naito, T. Anazai, Studies on characteristics and design procedure of evaporative coolers, Journal of SHASE, Japan 41 (13) (1967)
7. Y. Nitsu, K. Naito, T. Anazai, Studies on characteristics and design procedure of evaporative coolers, Journal of SHASE, Japan 43 (7) (1969)
8. I.C. Finlay, D. Harris, Evaporative cooling of tube banks, International Journal of Refrigeration 7 (4) (1984)
9. M. Koschenz, Model for closed circuit evaporative cooling tower, in: Proceedings of the 4th International Conference of IBPSA International Building Performance Simulation Association, Madison, WI, USA, August, 1995
10. W. Zalewski, P.A. Gryglaszewski, Mathematical model of heat and mass transfer processes in evaporative fluid coolers, Chemical Engineering and Processing 36 (1997) 271-280
11. G. Gan, S.B. Riffat, Numerical simulation of closed wet cooling towers for chilled ceiling systems, Applied Thermal Engineering 19 (12) (1999)
12. G. Gan, S.B. Riffat, Shao, P. Doherty, Application of CFD to closed wet cooling towers, Applied Thermal Engineering 21 (1) (2001)
13. ASHRAE Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers USA, 1997.
14. ASHRAE Systems and Equipment, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers USA, 1992.
15. F. Merkel, Verdunstungskuehlung, VDI Forschungsarbeiten No. 275, Berlin, 1925.
16. J. Facão, A. C. Oliveira, Thermal behaviour of closed wet cooling towers for use chilled ceilings, Applied Thermal Engineering 20 (13) (2000)
17. TRNSYS, A Transient System Simulation Program, University of Wisconsin, Madison, USA, 1996.

ANALIZA UTICAJA FOTONAPONSKE ELEKTRANE NA KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE U ZAVISNOSTI OD MJESTA PRIKLJUČENJA NA MREŽU

ANALYSIS OF SOLAR POWER PLANT INFLUENCE ON THE QUALITY OF ELECTRICITY DEPENDING ON THE PLACE OF CONNECTION TO THE NETWORK

Dr **Amir Softić**, dipl. ing. el.

JP Elektroprivreda Bosne i Hercegovine, d.d.
Podružnica Elektrodistribucija Tuzla
a.softic@epbih.ba

UDK: 620.92:621.383.51

DOI: 10.7251/AKPR2401131S

Sažetak: U posljednje vrijeme sve veći značaj u proizvodnji električne energije se pridaje korištenju obnovljivih izvora energije. To se posebno odnosi na korištenje energije sunčevog zračenja, odnosno izgradnju solarnih (fotonaponskih) elektrana. U ovom radu je analiziran uticaj solarnih elektrana na kvalitet električne energije distributivne mreže, priključenih u različitim tačkama distributivnog sistema. Prezentovana je analiza uticaja sa aspekta ispunjavanja uslova propisanih normom EN50160. Za analizu su korištena mjerenja izvršena na solarnim elektranama propisana normom. Rezultati mjerenja su predstavljani na dijagramima i tabelama i na osnovu njih su izvedeni zaključci o kvalitetu električne energije koju one distribuiraju potrošačkom konzumu.

Ključne riječi: sunčevo zračenje, solarna elektrana, norma EN50160, kvalitet električne energije

Abstract: Recently, increasing importance in the production of electricity has been given to the usage of renewable energy sources. This particularly refers to the use of energy obtained from solar radiation, i.e. the construction of solar (photovoltaic) power plants. In this paper, the impact of solar power plants on the quality of electricity in the distribution network, connected in different points of the distribution system, is analyzed. An analysis of the impact from the aspect of meeting the conditions prescribed by the EN50160 standard is presented. Measurements performed at solar power plants, prescribed by the norm, were used for the analysis. The results of the measurements are presented in diagrams and tables, and based on them, conclusions about the quality of the electricity that they distribute to the customers are given.

Key words: solar radiation, solar power plant, norm EN50160, power quality

UVOD

Električna energija je roba koja treba da zadovoljava određeni kvalitet. Nova filozofija u upravljanju i vođenju elektroenergetskog sistema u cilju postizanja određenog kvaliteta električne energije ima za posljedicu konstantan nadzor kvaliteta električne energije. Elektroenergetski sistem kao jedan integralni sistem proizvodnje, prenosa, distribucije i potrošnje električne energije predstavlja jedan od najsloženijih tehnoeekonomskih sistema današnjice. Kako se svaki elektrodistributivni sistem sastoji od različitih elemenata koji su sve češće aktivni elementi, u tim mrežama se javljaju viši harmonici. Osim toga javljaju se i različiti poremećaji u isporuci električne energije: padovi,



skokovi, propadi i prekidi napona, naponska izobličenja (nesimetrija), brze prelazne promjene (tranzijenti), te ostale nepoželjne pojave koje mogu izazvati teže posljedice kod posebno osjetljivih potrošača pa je proces reverzibilan. Potrošači utiču na kvalitet napona mreže, a mreža, također, ima negativne posljedice po potrošače. Svi ti poremećaji u mreži mogu narušiti rad mreže i uticati na rad potrošača, kao i smanjiti stepen iskorištenja i radni vijek ili je čak ozbiljno oštetiti. Izvjesno je svakodnevno povećanje broja potrošača, a sve je veći udio potrošača koji generišu smetnje u mreži i istovremeno su osjetljivi na njih. Navedene okolnosti nameću potrebu za učestalim monitoringom mreže, te analiza kvaliteta električne energije nije neopravdan trošak, već izuzetno bitna i isplativa investicija. Kvalitet električne energije, kao dio ukupnog kvaliteta snabdijevanja potrošača električnom energijom, u deregulisanim uslovima liberaliziranog tržišta električne energije, postaje značajan regulacioni parametar za operatore mreže i značajan ugovorni parametar na tržištu električne energije. Operatori mreže dužni su uspostaviti sistem pojedinačnih mjerenja i sistem trajnog nadziranja parametara kvaliteta električne energije, radi utvrđivanja stanja i poboljšanja parametara do normiranog nivoa. Pitanje nadzora kvaliteta električne energije riješeno je kroz razvoj mjernih sistema za analizu kvaliteta električne energije. Mjerenje, obrada i analiza rezultata mjerenja su definisani normama i standardima. U Bosni i Hercegovini je trenutno u zamahu planiranje, projektovanje i izgradnja velikog broja fotonaponskih elektrana. Analiza njihovog uticaja na kvalitet električne energije obavezna je u postupku priključenja na mrežu i kao takva zahtijeva ozbiljan pristup, usklađen sa karakteristikama distribuiranog izvora za kojeg se vrši mjerenje i karakteristikama mjesta na koje se isti priključuje. Bez ovoga se teško može ocijeniti i izolovati uticaj pojedine fotonaponske elektrane na mrežu, jer kvalitet napona zavisi od ukupnog međudjelovanja svih korisnika mreže i elemenata mreže [1].

1. NORMA EN50160

U svijetu postoje mnoge norme koje opisuju kvalitet električne energije, a u Evropi je najpoznatija EN50160 (izdavač CENLEC). U skladu s tim se i u BiH donose pravilnici u kojima se daju upute za tretiranje parametara kvaliteta električne energije. Te pravilnike, kao podzakonske akte, donose regulatorna tijela, a što se tiče Elektroprivrede BiH, dva su pravilnika u kojima su navedeni parametri kvaliteta električne energije koji se moraju analizirati i regulisati, a to su: "Mrežna pravila J.P Elektroprivreda BiH" i "Opšti uslovi za isporuku električne energije", Regulatorne komisije za električnu energiju u Federacije BiH (FERK) od 2008.g. Ovu normu je prihvatio CENLEC (Evropski komitet za standardizaciju u elektrotehnici), a zadnje izdanje je u službenoj upotrebi od jula 2010. godine [2]. Norma EN50160 se primjenjuje u javnim distributivnim niskonaponskim i srednjenaponskim mrežama pri normalnim pogonskim uslovima. Norma EN50160 "Karakteristike napona u javnim elektrodistributivnim mrežama" ima za cilj okarakterisati parametre napona napajanja u odnosu na talasni oblik, amplitudu, frekvenciju i simetriju kod trofazne mreže na mjestu primopredaje električne energije. Ove karakteristike su podložne stohastičkim promjenama tokom normalnog rada, a mogu ih uzrokovati promjene opterećenja, smetnje koje se generišu u opremi i vanjski uticaji. U električnim mrežama srednjeg i niskog napona kvarovi postrojenja mogu dovesti do velikih smetnji. Ovaj standard fiksno postavlja samo one granične vrijednosti koje ne smiju biti premašene za vrijeme 95% trajanja monitoringa. Mjerenja se provode tokom mjernog perioda koji obuhvata najmanje sedam dana. Tokom mjernog perioda vrši se kontinuirano semplovanje i mjerenje mjernih veličina, a potom se vrši usrednjavanje na vremenski period 10 sekundi ili 10 minuta, zavisno od tipa mjerene veličine. Te usrednjene 10-minutne, odnosno 10-sekundne vrijednosti su relevantne za statističku obradu po normi EN50160. Cilj je postavljanje graničnih vrijednosti parametara napona kod normalnih radnih uslova, a ne primjenjuje se u specifičnim uslovima na koje distributer električne energije ne može uticati i u kojima neke karakteristike napona odstupaju od zadanih vrijednosti. Kako su promjene karakteristika vezane za stohastičke slučajeve, norma dozvoljava da definisane granice parametara mogu biti premašene u nekim slučajevima. Njena uloga



je samo da definiše vrijednosti glavnih karakteristika električnog napona u mrežama niskog, srednjeg i visokog napona. Norma se odnosi na mjerenje i kontrolu vrijednosti osnovnih 9 parametara električnog napona na srednjenaponskoj ili niskonaponskoj mreži i to:

1. promjene napona (spore/brze promjene napona),
2. treperenje (fliker): kratkotrajni (Pst) i dugotrajni (Plt),
3. harmonici - od 2. do 25. harmonika,
4. THD – od 2. do 40. harmonika,
5. signalni naponi (ripple control – signalni upravljački naponi) i međuharmonici,
6. mrežna frekvencija,
7. nesimetričnost napona,
8. naponski propadi (privremeni/kratkotrajni/dugotrajni),
9. prekidi napajanja.

U tački primopredaje potrebno je neprekidno pratiti kvalitet električne energije u trajanju od najmanje 7 dana (168 sati).

2. KRITERIJI PRIKLJUČENJA SOLARNE ELEKTRANE NA DISTRIBUTIVNU MREŽU

Osnovni tehnički kriteriji za priključenje solarne elektrane na distributivnu mrežu i bezbjedan paralelan rad sa distributivnim sistemom su sljedeći [3,4]:

- kriterij dozvoljene snage,
- kriterij kratkog spoja,
- kriterij flikera,
- kriterij dozvoljenih struja viših harmonika.

2.1. Kriterij dozvoljene snage

Ovaj kriterij garantuje da pri prelaznim procesima (uključenje/isključenje elektrane) promjena napona na mjestu priključenja na mrežu neće prekoračiti vrijednost od 5%, odnosno $\Delta U_{max} \leq 5\%$. Kriterij je zadovoljen ako je ispunjen uslov:

$$\frac{S_g}{S_{ks}} \leq 25 \text{ (max. promjena napona } \leq 5\%)$$

gdje su: S_g – najveća vrijednost jedinične snage generatora u elektrani ili ukupna snaga više generatora ako se istovremeno priključuju na mrežu,

S_{ks} – snaga trofaznog kratkog spoja na mjestu priključenja na mrežu,

k – količnik struje uključenja i nominalne struje generatora ($k = 1$ za sinhronne generatore i invertore).

Prema literaturi, najveće dozvoljeno odstupanje napona na mjestu priključenja na distributivni sistem, u odnosu na nazivni napon, u prelaznom režimu, je zadovoljen ako su ispunjeni uslovi dati kao u tabeli 1.

**Tabela 1:** Maksimalno odstupanje napona na mjestu priključenja solarne elektrane

Naponski nivo	Maksimalno odstupanje napona	Maksimalna učestalost odstupanja napona. Jednom u:
Niski napon	3 %	5 min.
Srednji napon	2 %	3 min.

Dozvoljeno odstupanje (brze promjene) napona mogu se izračunati prema sljedećoj jednačini:

Pošto je za invertore $k = 1$, a $k = 1/k_{i,max}$, onda za invertore vrijedi $k_{i,max} = 1$.

2.2. Kriterij snage kratkog spoja

Ako se zbog priključenja proizvodnog objekta poveća snaga kratkog spoja iznad vrijednosti za koju je oprema dimenzionisana u distributivnoj mreži, potrebno je primijeniti sljedeće mjere:

- ograničiti struje kratkog spoja u proizvodnom objektu,
- prilagoditi rasklopnu opremu prema stvarnim snagama kratkog spoja,
- promijeniti mjesto priključenja proizvodnog objekta ili parametre priključnog voda.

Solarna elektrana ne doprinosi porastu snage kratkog spoja pošto se na mrežu priključuje isključivo preko invertora, tako da ne može razviti struje veće od nazivnih struja I_n (maksimalna izlazna struja invertora).

2.3. Kriterij flikera

Kriterij flikera se provjerava putem koeficijenta smetnji FS. Solarna elektrana se može priključiti na distributivnu mrežu ako je zadovoljen uslov:

$$= \left(\frac{\sum c_{fn}^3}{n} \right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{\sum c_{f1}^3}{n} \right)^{\frac{1}{3}} \leq 0,1$$

gdje je: n – broj generatora u elektrani,

c_{fn} – broj flikera elektrane sa n generatora

c_{f1} – koeficijent flikera elektrane sa jednim generatorom.

Ukoliko je $I_n > 75A$ onda se solarna elektrana može priključiti na mrežu ako je $FS \leq 0,275$. Koeficijent flikera c_f označava osobinu elektrane da proizvodi flikere i kriterij je zadovoljen ako je $c_f \leq 20$, mada kod vjetroelektrana i solarnih elektrana ovaj koeficijent može biti i do 40.



2.4. Kriterij dozvoljenih struja viših harmonika

Ovaj kriterij se provjerava izrazom:

$$h = h$$

gdje je: I_{nhdoz} – dozvoljena vrijednost struje višeg harmonika na naponskom nivou generatora (A),
 I_{nhs} – vrijednost struje višeg harmonika svedena na snagu kratkog spoja na mjestu priključenja (A/MVA).

U tabeli 2 je dat sadržaj viših harmonika koji ne smije biti prekoračen.

Tabela 2: Vrijednost struje višeg harmonika svedena na snagu kratkog spoja na mjestu priključenja na mrežu

Redni broj višeg harmonika (n)	3	5	7	11	17	19	23	25
(A/MVA)	1,0	0,7	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2

Ako struja za neki red n višeg harmonika prelazi dozvoljenu vrijednost, tada se za taj red provjerava i napon višeg harmonika. Dopuštene vrijednosti za treći i peti harmonik su < 0,2%, a za harmonike višeg reda < 0,1%. Prema normi EN 50160 [2], ukupan sadržaj viših harmonika (THD) napojnog napona koji se izračunava, uz uzimanje u obzir svih viših harmonika do četrdesetog, ne smije prelaziti vrijednost od 8%.

3. OSNOVNI PODACI O ANALIZIRANIM FOTONAPONSKIM ELEKTRANAMA

U radu je analiziran uticaj na kvalitet električne energije dvije fotonaponske elektrane, od kojih je jedna priključena na niskonaponskoj strani, a druga na visokonaponskoj strani mreže. U nastavku je dat kratak opis razmatranih elektrana.

2.1. Fotonaponska elektrana FLEK

Fotonaponska elektrana Flek je izgrađena na krovu jednog poslovnog objekta u Tuzli i namijenjena je za vlastite potrebe. Instalirana snaga elektrane je 50,6 kWp na istosmjenoj strani (92 fotonaponska modula nazivne snage 550 Wp), odnosno 50 kVA na naizmjeničnoj strani (1 inverter, tip Sunny Tripower CORE 1 STP 50-40, nazivne snage 50 kVA) [5].

Procijenjena godišnja proizvodnja iznosi 58,868 MWh, a zabilježena potrošnja poslovnog objekta godinu dana unazad iznosi 196,978 MWh.

Napajanje poslovnog objekta električnom energijom se vrši iz transformatorske stanice TS 10(20)/0,4 kV Dom Moša Pijade, 630 kVA, preko niskonaponskog podzemnog voda izgrađenog kablom tipa PP00 4x95 mm², dužine trase cca 115 m i kablom tipa PP00 4x70 mm², dužine trase cca 231 m.

Mjerenje utroška električne energije vrši se pomoću multifunkcijskog brojila za (polu)indirektno mjerenje snage, aktivne i reaktivne energije, nazivnog napona 3x230/400 V i nazivne struje 5 A i strujnih mjernih transformatora prenosnog odnosa 150/5 A.

Faktor snage (cosφ) ne smije biti niži od 0,95 inače je potrebna ugradnja kompenzacija prekomjerno preuzete reaktivne električne energije.

3.2. Fotonaponska elektrana PROFINE

Fotonaponska elektrana Profine je izgrađena na krovu jednog poslovnog objekta u poslovnom kompleksu u Živinicama i namijenjena je za vlastite potrebe. Instalirana snaga elektrane je 182,02 kWp na istosmjernoj strani (479 fotonaponska modula, tip Longi LR4-60HPH, nazivne snage 380 Wp), odnosno 140 kVA na naizmjeničnoj strani (5 invertora, tip SMA Sunny Tripower 25000TL, nazivne snage 25 kVA i 1 inverter tip SMA Sunny Tripower 15000TL, nazivne snage 15 kVA) [6].

Procijenjena godišnja proizvodnja iznosi 191,44 MWh, a procijenjena potrošnja poslovnog kompleksa iznosi 300 MWh.

Napajanje poslovnog objekta električnom energijom se vrši iz transformatorske stanice KSF6 10(20)/0,4 kV Profine, 630 kVA koja je u suvlasništvu JP EPBiH i kupca.

Fotonaponska elektrana se priključuje na mrežu u sklopu unutrašnje instalacije kupca kao ostala potrošnja na 10 i 20 kV, odnosno na postojeće obračunsko mjesto.

Mjerenje utroška električne energije vrši se pomoću multifunkcijskog brojila za indirektno mjerenje snage, aktivne i reaktivne energije, nazivnog napona 3x230/400 V i nazivne struje 5 A i strujnih mjernih transformatora prenosnog odnosa 30/5 A.

Faktor snage ($\cos\varphi$) ne smije biti niži od 0,95 inače je potrebna ugradnja kompenzacija prekomjerno preuzete reaktivne električne energije.

4. REZULTATI MJERENJA KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE

U okviru standarda i normi koji definišu granične vrijednosti pokazatelja kvaliteta električne energije ili kvaliteta napona sreće se niz parametara. Uopšteno rečeno većina parametara se dobija na osnovu dvije analize (mjerenja): mjerenjem flikera i mjerenjem harmonika. Procedura mjerenja flikera je definisana standardom IEC61000-4-15, dok je procedura mjerenja harmonika i interharmonika definisana standardom IEC61000-4-7. Procedura mjerenja, te način obrade rezultata i postupci mjerenja su definisani standardom IEC61000-4-30. Ovaj standard je postavio veoma stroge kriterije po mjernu opremu. U skladu sa evropskom normom EN50160 izvršena su mjerenja kvaliteta električne energije u tački primopredaje sa solarne elektrane na elektrodistributivnu mrežu. Mjerenja su obavljena u periodu probnog rada fotonaponskih elektrana u dva ciklusa, svaki sa trajanjem po sedam dana i to:

1. Prvi ciklus mjerenja – prije priključenja fotonaponske elektrane na ED mrežu
2. Drugi ciklus mjerenja – nakon uključenja fotonaponske elektrane na ED mrežu

Za mjerenja je korišten mrežni analizator klase A, model METREL MI 2892. Način priključenja analizatora je prikazan na slici 1.



Slika 1: Šema spajanja instrumenta na trofazni sistem: a) sa 4 vodiča, b) sa tri vodiča



Radi konciznosti i preglednosti rada biće predstavljen samo drugi ciklus mjerenja (sa FNE na mreži).

4.1. Mjereni parametri

4.1.1. Mrežna frekvencija

Prema normi EN 50160 [2], nazivna frekvencija napona napajanja je 50 Hz. Pri normalnim pogonskim uslovima 10-sekundna srednja vrijednost osnovne frekvencije u nekoj mreži povezanoj sa elektoenergetskim sistemom mora biti u sljedećim opsezima:

- 50 Hz +/- 1% (49,5÷50,5 Hz) tokom 95% sedmice,
- 50 Hz +4%/-6% (47÷52 Hz) tokom 100% sedmice.

4.1.2. Veličina napona napajanja

Prema normi EN 50160 [2], vrijednost napona napajanja je 230 V. Norma propisuje da pod normalnim uslovima rada:

- tokom svakog 7-dnevnog perioda 95% 10-to minutnih srednjih efektivnih vrijednosti napona napajanja mora biti u opsegu $U_n \pm 10\%$ (207÷253 V),
- sve 10-to minutne srednje efektivne vrijednosti napona napajanja moraju biti u opsegu $U_n +10\%/-15\%$.

4.1.3. Jakost treperenja (eng. Flicker)

Flikeri se definišu kao vidom primjetno prekidanje tj. treperenje, izazvano svjetlosnim podražajem s vremenskim kolebanjem svjetlosne gustine ili spektralne razdiobe. Jednostavnije rečeno, to je titranje npr. svjetla sijalice ili zaslona računara. Uzroci treperenja su nagle, učestale promjene opterećenja uzrokovane radom npr. elektrolučnih peći, fotokopirnih uređaja, aparata za zavarivanje i sl. Intenzitet smetnji usljed treperenja ocjenjuje se pomoću sljedećih veličina:

- kratkotrajna jakost treperenja Pst (eng. short time flicker) mjerena pomoću desetominutnog vremenskog odsječka,
- dugotrajna jakost treperenja (eng. long time flicker) koja se na osnovu niza od 12 vrijednosti Pst, tokom vremenskog odsječka od 2 sata računa prema jednačini:

$$P_{lt} = \sqrt{\sum_{12} P_{st}^2} = 1$$

Prema normi EN 50160 [2], pri normalnim pogonskim uslovima, u periodu jedne sedmice, dugotrajna jakost treperenja Plt uzrokovana fluktuacijom (kolebanjem) napona, mora biti manja ili jednaka 1 u toku 95% vremena.

4.1.4. Nesimetrija napona napajanja

Prema normi EN 50160 [2], pri normalnim pogonskim uslovima, u periodu jedne sedmice, 10-minutna srednja vrijednost efektivne vrijednosti inverzne komponente napona kod 95% izmjerenih srednjih vrijednosti mora biti u opsegu 0% do 2% odgovarajuće direktne komponente.



4.1.5. Viši harmonici

Napon viših harmonika je sinusni napon, čija je frekvencija cjelobrojni višekratnik (redni broj) frekvencije osnovnog harmonika. Vrijednost viših harmonika napona može se odrediti:

- pojedinačno, njihovim amplitudama (U_h) svedenim na amplitudu osnovnog harmonika U_1 , gdje je h - redni broj višeg harmonika napona,
- zajednički, npr. pomoću faktora ukupnog harmonijskog izobličenja (THD), a koji se računa sljedećom jednačinom:

$$= \sqrt{\sum_{h=2}^{40} (h)^2}$$

Prema normi EN 50160 [2], pri normalnim pogonskim uslovima, u periodu jedne sedmice, 95% 10-minutnih srednjih vrijednosti efektivnih vrijednosti svakog pojedinačnog harmonika treba biti manja ili jednaka od vrijednosti datih u tabeli 3. Ukupni sadržaj harmonika (THD) napona napajanja (uključujući sve harmonike do 40-tog) ne smije prelaziti vrijednost od 8%.

Tabela 3: Propisane vrijednosti viših harmonika napona u procentu nazivnog napona

Neparni harmonici				Parni harmonici	
Nedjeljivi sa 3		Djeljivi sa 3			
R.br.harm.	%Un	R.br.harm.	%Un	R.br.harm.	%Un
5	6,0	3	5,0	2	2,0
7	5,0	9	1,5	4	1,0
11	3,5	15	0,5	6 ... 24	0,5
13	3,0	21	0,5		
17	2,0				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				

4.1.6. Naponski propadi

Prema normi EN 50160 [2], propadi napona nastaju pretežno usljed kvarova u postrojenjima potrošača ili javnoj mreži i praktično su nepredvidivi, izrazito slučajni događaji. Većina propada napona je kraća od 1 sekunde i dubine propada manja je od 60%Un.

4.1.7. Kratkotrajni i dugotrajni prekidi u napajanju

Prema normi EN 50160 [2], pri normalnim pogonskim uslovima, kratkotrajni prekidi napona napajanja pojavljuju se sa učestalošću u opsegu od nekoliko desetaka do više stotina godišnje. Trajanje oko 70% kratkih prekida u napajanju mora biti kraće od 1 sekunde. U pojedinoj literaturi se polazi od pretpostavke da kratkotrajni prekidi napona napajanja ne traju duže od 1 minute. Slučajni prekidi napona napajanja su većinom izazvani vanjskim događajima koje isporučilac električne energije ne može spriječiti. Obzirom na velike razlike u vrstama postrojenja i strukturama mreže u različ-



tim državama i na nepredvidive uticaje trećih lica i vremenskih prilika nije moguće navesti tipične vrijednosti učestalosti i trajanja dugih prekida napajanja. Ovisno o mjestu, može se, pri normalnim pogonskim uslovima, pojaviti između desetak i 50 dugih prekida napajanja (trajanje preko 3 minute) tokom godine. Orijentacione vrijednosti za prolazne prekide se ne daju jer se o tim prekidima napajanja unaprijed obavještava.

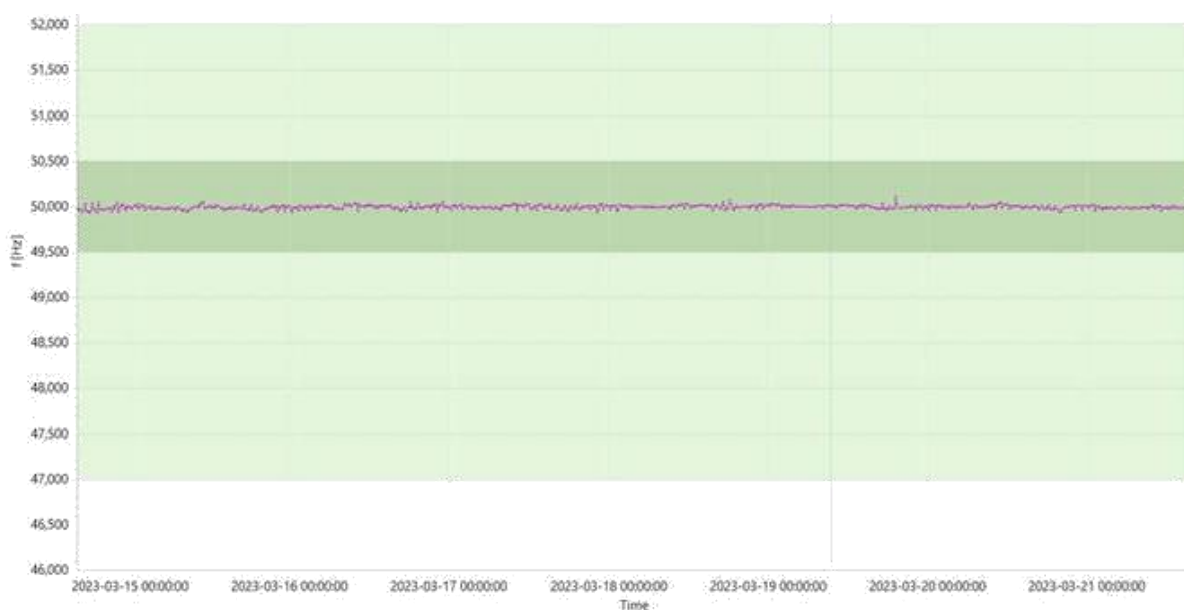
4.2. Fotonaponska elektrana FLEK

4.2.1. Mrežna frekvencija

U tabeli 4 je dat izmjereni opseg frekvencije u cijelom mjernom periodu, a na slici 2 je predstavljen dijagram izmjerenih vrijednosti frekvencije u posmatranom intervalu mjerenja [7].

Tabela 4: Zahtjevi i mjerena frekvencija

EN50160 Zahtjev	Mjerena frekvencija	Rezultat
100% od dana: 49,50 – 50,50 Hz	49,87 – 50,16 Hz	Zadovoljava



Slika 2: Grafički prikaz frekvencije nakon priključenja FNE

4.2.2. Veličina napona napajanja

U tabeli 5 je dat opseg izmjerenih vrijednosti napona napajanja u cijelom mjernom periodu, a na slici 3 je predstavljen dijagram izmjerenih vrijednosti napona u posmatranom intervalu mjerenja [7].

Tabela 5: Zahtjevi i mjereni naponi

EN50160 Zahtjev	Mjereni napon L1	Mjereni napon L2	Mjereni napon L3	Rezultat
95% od sedmice: 207V–253V	224,16 – 235,86 V	226,58 – 236,21 V	224,46 – 235,59 V	Zadovoljava
100% od sedmice: 195,5 V – 253 V	222,27 – 236,76 V	226,58 – 237,42 V	223,57 – 236,72 V	Zadovoljava



Slika 3: Grafički prikaz napona faze L1 nakon priključenja elektrane

4.2.3. Jakost treperenja (eng. Flicker)

U tabeli 6 je dat opseg izmjerenih vrijednosti flikera u cijelom mjernom periodu, a na slici 4 je predstavljen dijagram izmjerenih vrijednosti flikera u posmatranom intervalu mjerenja [7].

Tabela 6: Zahtjevi i mjereni flikeri po fazama

EN50160 Zahtjev	Mjereni L1 Plt	Mjereni L2 Plt	Mjereni L3 Plt	Rezultat
95% od dana: $Plt \leq 1$	0,19 – 0,5	0,31 – 0,38	0,12 – 0,68	Zadovoljava

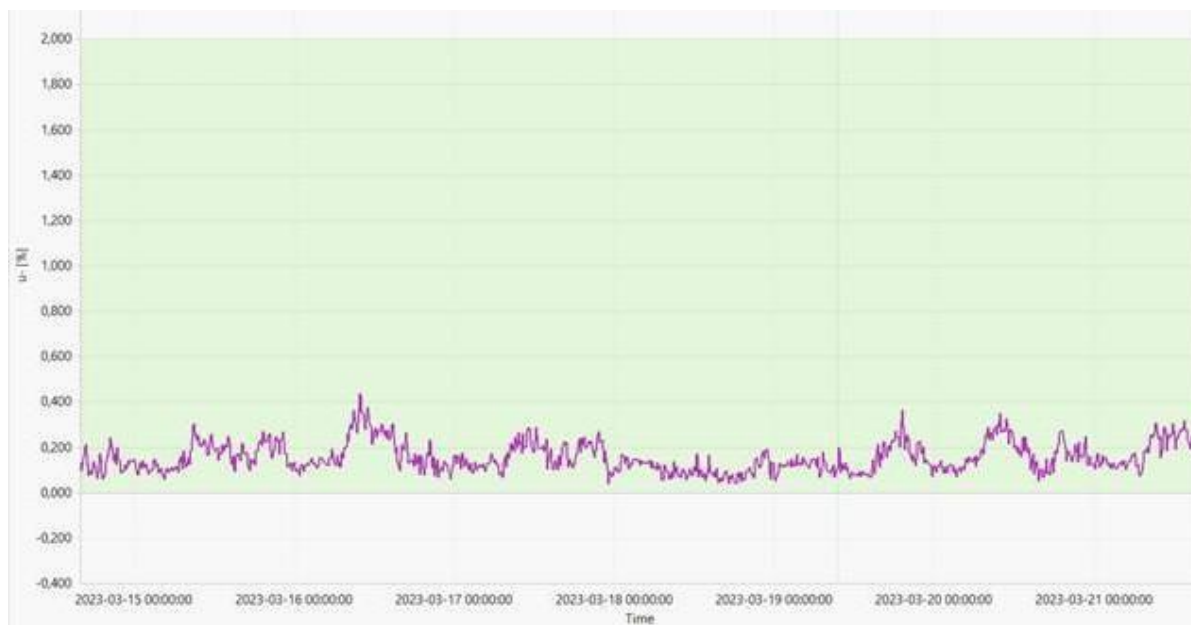


Slika 4: Grafički prikaz flikera faze L1 nakon priključenja elektran

4.2.4. Nesimetrija napona napajanja

Tabela 7: Zahtjevi i mjerene vrijednosti naponske nesimetrije

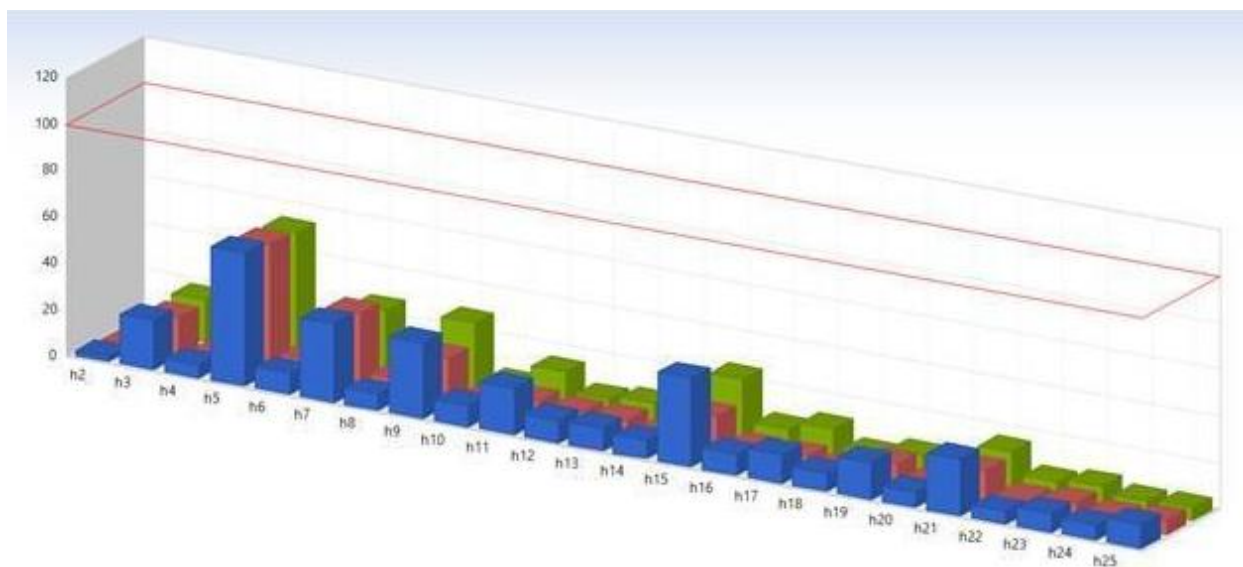
EN50160 Zahtjev	Mjerena nesimetrija	Rezultat
95% od dana: 0% ~ 2% u2	0,04 – 0,28 %	Zadovoljava



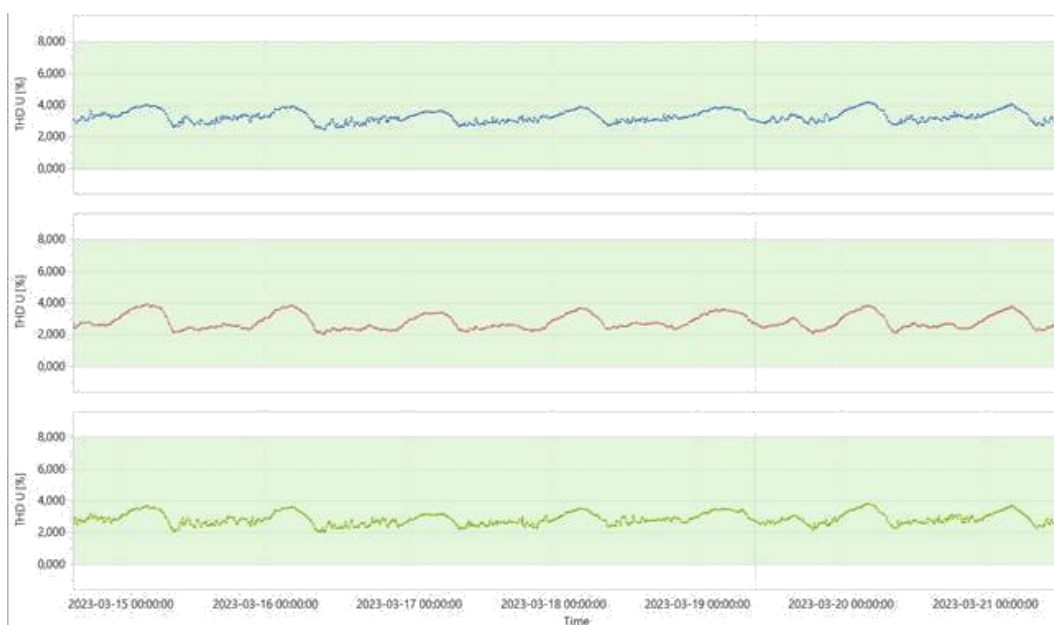
Slika 5: Grafički prikaz naponske nesimetrije nakon priključenja elektrane

4.2.5. Viši harmonici

Vrijednosti registriranih viših harmonika i njihov sadržaj (THD) su predstavljeni na slikama 6 i 7.



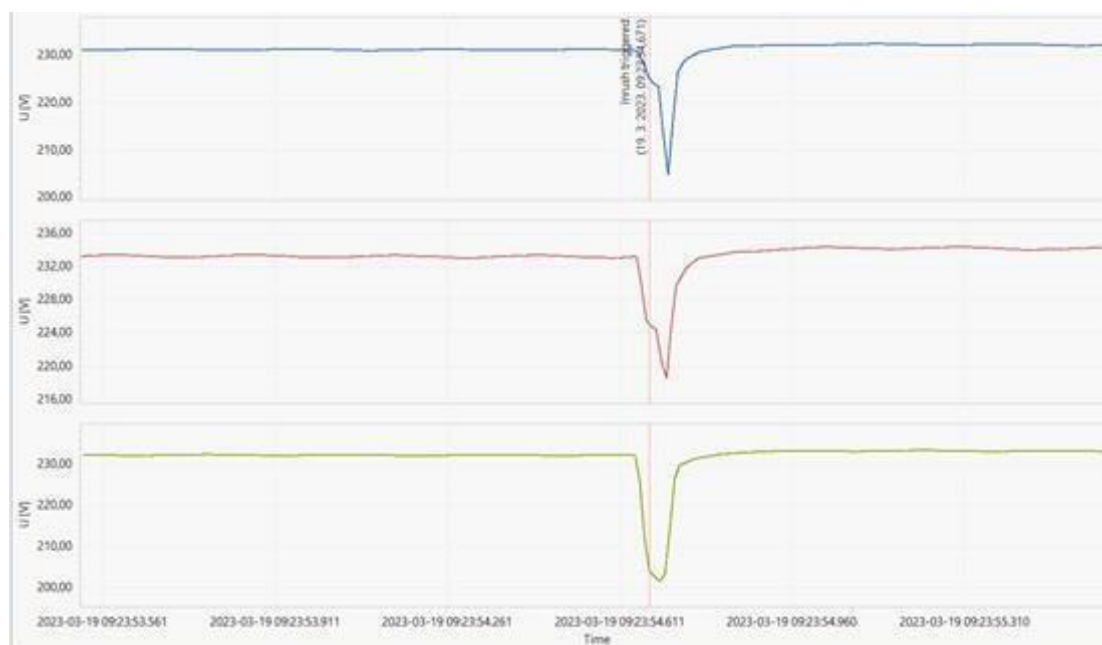
Slika 6: Sumarni pregled vrijednosti viših harmonika



Slika 7: Grafički prikaz vrijednosti THD po fazama

4.2.6. Naponski propadi

Na slici 8 su predstavljeni propadi napona u mjernom periodu.

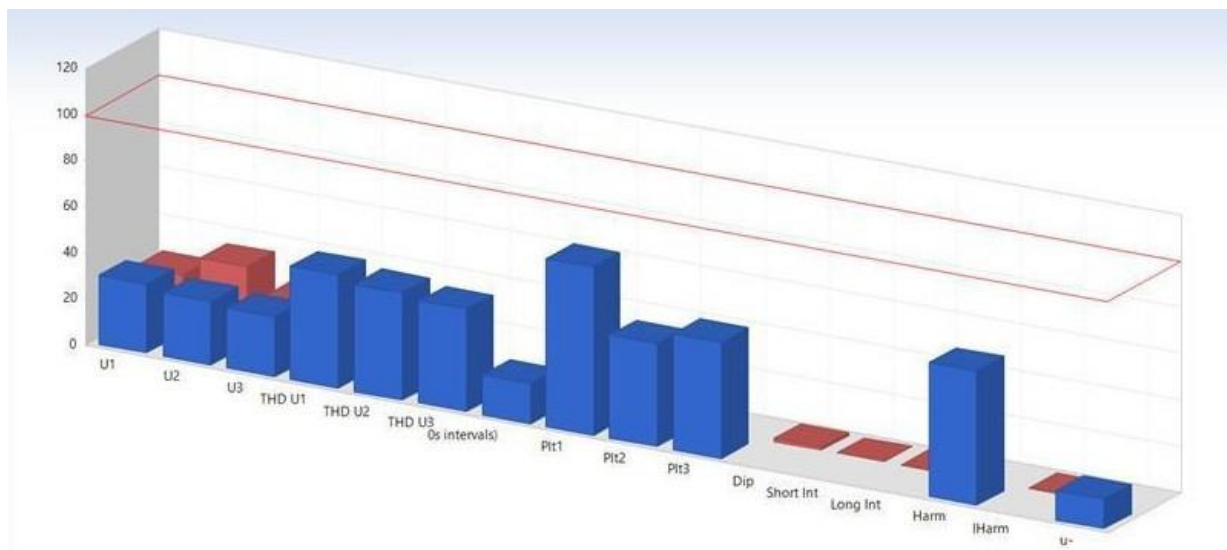


Slika 8: Grafički prikaz propada napona pri mjerenju nakon priključenja elektrane na mrežu

4.2.7. Kratkotrajni i dugotrajni prekidi u napajanju

U posmatranom intervalu mjerenja nisu zabilježeni ni kratkotrajni, a ni dugotrajni prekidi napona napajanja.

Na slici 9 je dat sumarni pregled mjerenih parametara nakon uključenja elektrane na mrežu.



Slika 9: Sumarni pregled vrijednosti parametara nakon priključenja elektrane na mrežu

4.3. Fotonaponska elektrana PROFINE

4.3.1. Mrežna frekvencija

U tabeli 8 je dat izmjereni opseg frekvencije u cijelom mjernom periodu, a na slici 10 je predstavljen dijagram izmjerenih vrijednosti frekvencije u posmatranom intervalu mjerenja [8].

Tabela 8: Zahtjevi i mjerena frekvencija

EN50160 Zahtjev	Mjerena frekvencija	Rezultat
100% od dana: 49,50 – 50,50 Hz	49,90 – 50,10 Hz	Zadovoljava



Slika 10: Grafički prikaz frekvencije nakon priključenja FNE

4.3.2. Veličina napona napajanja

U tabeli 9 je dat opseg izmjerenih vrijednosti napona napajanja u cijelom mjernom periodu, a na slici 11 je predstavljen dijagram izmjerenih vrijednosti napona u posmatranom intervalu mjerenja [8].

Tabela 9: Zahtjevi i mjereni naponi

EN50160 Zahtjev	Mjereni napon L1	Mjereni napon L2	Mjereni napon L3	Rezultat
95% od sedmice: 207V-253V	236,71 – 244,02 V	236,67 – 244,37 V	236,04 – 243,30 V	Zadovoljava
100% od sedmice: 195,5 V – 253 V	222,27 – 236,76 V	226,58 – 237,42 V	223,57 – 236,72 V	Zadovoljava



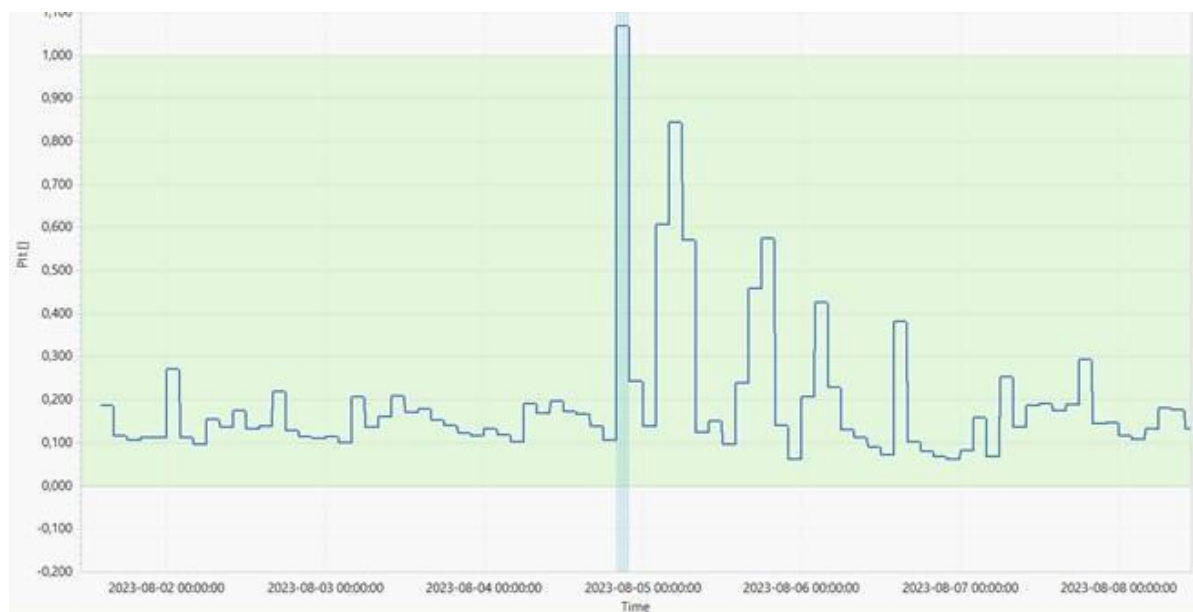
Slika 11: Grafički prikaz napona faze L1 nakon priključenja elektrane

4.3.3. Jakost treperenja (eng. Flicker)

U tabeli 10 je dat opseg izmjerenih vrijednosti flikera u cijelom mjernom periodu, a na slici 12 je predstavljen dijagram izmjerenih vrijednosti flikera u posmatranom intervalu mjerenja [8].

Tabela 10: Zahtjevi i mjereni flikeri po fazama

EN50160 Zahtjev	Mjereni L1 Plt	Mjereni L2 Plt	Mjereni L3 Plt	Rezultat
95% od dana: $Plt \leq 1$	0,06 – 0,061	0,06 – 0,60	0,06 – 0,76	Zadovoljava



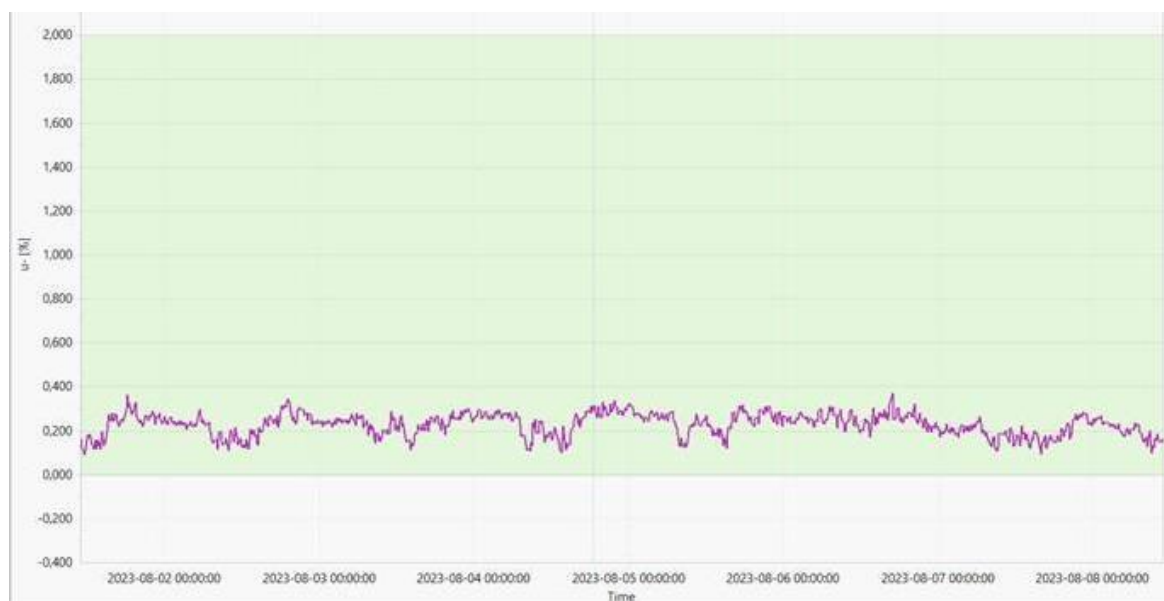
Slika 12: Grafički prikaz flikera faze L1 nakon priključenja elektrane

4.3.4. Nesimetrija napona napajanja

U tabeli 11 je dat opseg izmjerenih vrijednosti naponske nesimetrije u 95% mjernog perioda, a na slici 13 je predstavljen dijagram izmjerenih vrijednosti naponske nesimetrije u posmatranom intervalu mjerenja [8].

Tabela 11: Zahtjevi i mjerene vrijednosti naponske nesimetrije

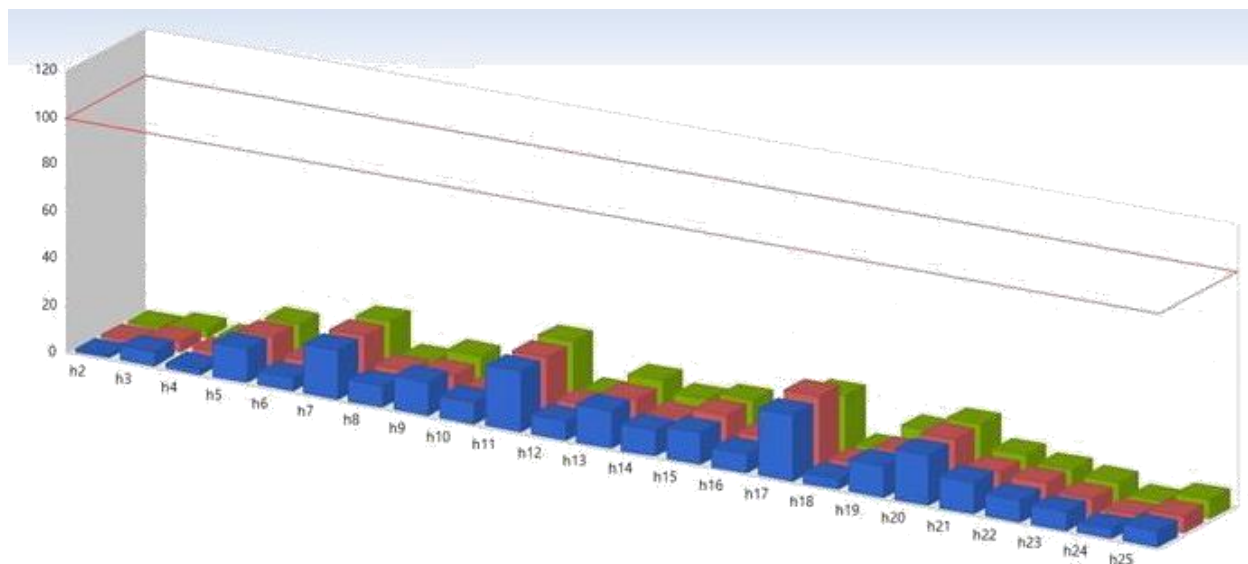
EN50160 Zahtjev	Mjerena nesimetrija	Rezultat
95% od dana: 0% ~ 2% u2	0,09 – 0,30 %	Zadovoljava



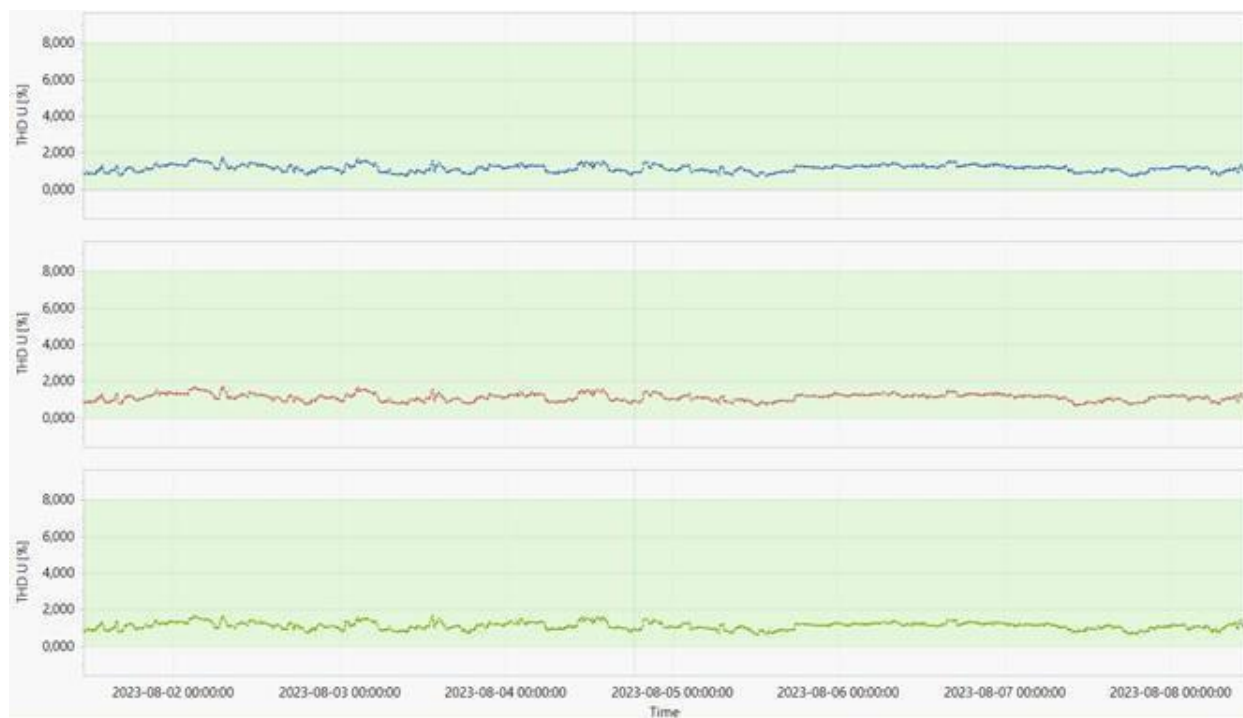
Slika 13: Grafički prikaz naponske nesimetrije nakon priključenja elektrane

4.3.5. Viši harmonici

Vrijednosti registriranih viših harmonika i njihov sadržaj (THD) su predstavljeni na slikama 14 i 15.



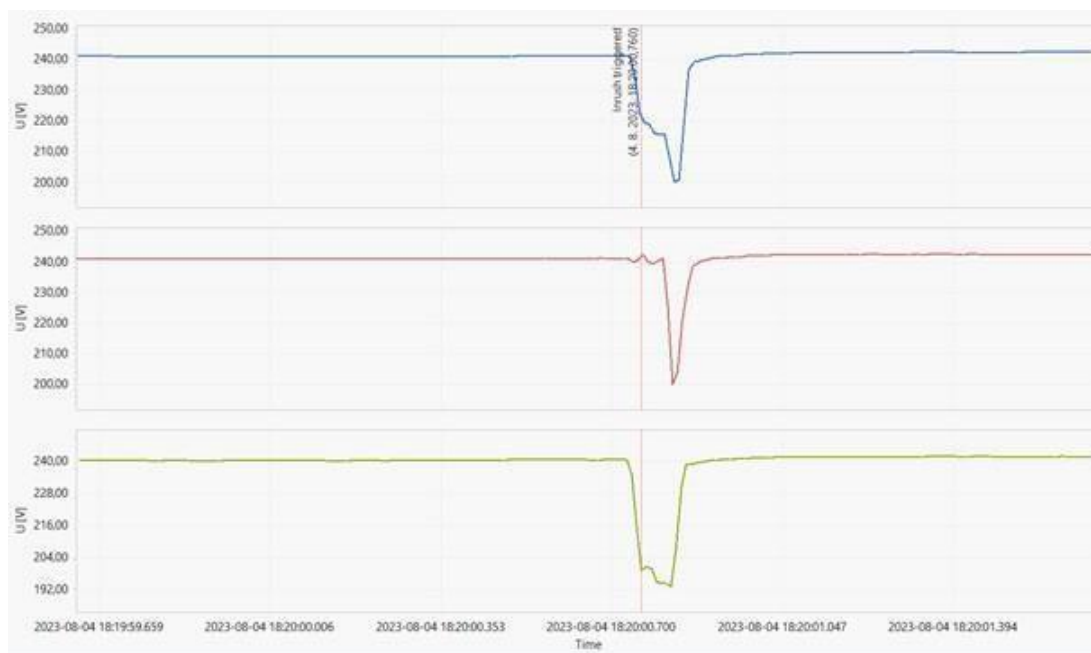
Slika 14: Sumarni pregled vrijednosti viših harmonika



Slika 15: Grafički prikaz vrijednosti THD po fazama

4.3.6. Naponski propadi

Na slici 16 su predstavljeni propadi napona u mjernom periodu.

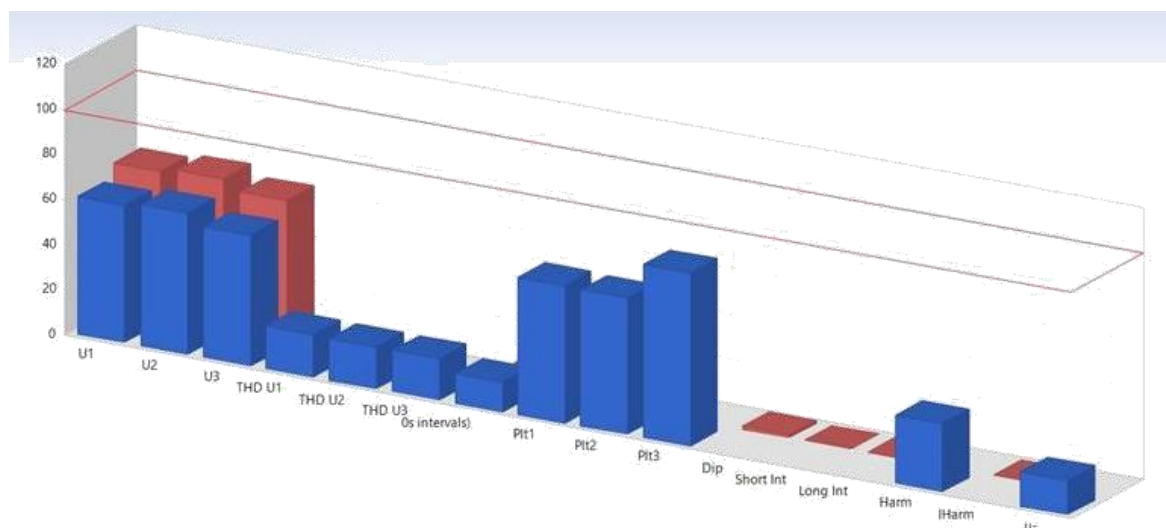


Slika 16: Grafički prikaz propada napona pri mjerenju nakon priključenja elektrane na mrežu

4.3.7. Kratkotrajni i dugotrajni prekidi u napajanju

U posmatranom intervalu mjerenja nisu zabilježeni ni kratkotrajni, a ni dugotrajni prekidi napona napajanja.

Na slici 17 je dat sumarni pregled mjerenih parametara nakon uključenja elektrane na mrežu.



Slika 17: Sumarni pregled vrijednosti parametara nakon priključenja elektrane na mrežu



5. ZAKLJUČAK

Analiza uticaja distribuiranih izvora na distributivnu mrežu trebala bi biti jedno od osnovnih polazišta pri izdavanju elektroenergetske saglasnosti za priključenje distribuiranog izvora na distributivnu mrežu. Samo tako može se ocijeniti nivo tehničkih uticaja distribuiranog izvora na pogon i karakteristike distributivne mreže. Mjerenja je potrebno provoditi kontinuirano kako bi se dobili što kvalitetniji rezultati. Kako bi se dobilo referentno početno stanje uvijek je potrebno u dva vremenska intervala izvršiti mjerenja bez priključene i sa priključenom solarnom elektranom. Tek tada, komparacijom mjerenja, se može dobiti objektivna slika o uticaju priključene elektrane. Ostaje otvoreno pitanje uticaja priključenja novih potrošača na distributivnu mrežu iste transformatorske stanice. Zato je potrebno nakon priključenja potrošača ponovo izvršiti analizu kako bi se i u tom slučaju moglo ustanoviti kakav je uticaj solarne elektrane na kvalitet električne energije koja se distribuira potrošačkom konzumu. Provedena mjerenja su pokazala da rad razmatranih solarnih elektrane ne utiče negativno na kvalitet električne energije i napon distributivne mreže. Može se konstatovati da su zadovoljeni svi uslovi propisani normom EN 50160. Takođe, može se zaključiti da uticaj solarne elektrane na mrežu, kada je kvalitet električne energije u pitanju, ne zavisi od mjesta, odnosno naponskog nivoa na koji se ona priključuje.

LITERATURA

- [1] H. Salkić, A., Softić, A., Salkić: „Uticaj solarne elektrane na kvalitet električne energije u niskonaponskoj distributivnoj mreži“, *Energija, Ekonomija, Ekologija*, 22(1-2): 137-144
- [2] CENELEC, *European Committee for Electrotechnical Standardization*, European Standard EN 50160, July 2010
- [3] Tehnička preporuka TP-17, Izdanje 5, *Tehnička preporuka za priključenje i pogon distribuirane proizvodnje*, JP EP BiH Sarajevo, septembar, 2022. godine
- [4] A. Softić, Š. Gruhonjić Ferhatbegović, H. Salkić, I. Divković, H. Imamović: „Analiza uticaja solarne elektrane na distributivnu mrežu“, XI Savjetovanje BH CIGRE, 15- 19.9.2013, Neum, BiH, STK C5
- [5] JP EPBiH, *Elektroenergetska saglasnost br. 428031/2022*, novembar, 2022.godine
- [6] JP EPBiH, *Elektroenergetska saglasnost br. 362905/2021*, septembar, 2021.godine
- [7] EC Petek, *Zapisnik o provedenom ispitivanju FNE FLEK*, mart, 2023. godine
- [8] EC Petek, *Zapisnik o provedenom ispitivanju FNE PROFINE*, august, 2023. godine

BEZBEDNOST NA RADU KOD IZGRADNJE SOLARNIH ELEKTRANA U REPUBLICI SRBIJI

SAFETY AT WORK DURING THE CONSTRUCTION OF SOLAR POWER PLANTS IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Dr Đorđe Vranješ,
Branka Bursać Vranješ,
Dr Velemir Zekić

UDK: 621.311.243:331.103(497.11)

DOI: 10.7251/AKPR2401149V

REZIME: Rad prikazuje najbolja iskustva i prakse na polju unapređenja bezbednosti na radu na gradilištima gde se izvode radovi na postavljanju i izgradnji solarnih elektrana. U vezi sa tim u radu su date ključne preporuke i smernice u vezi sa bezbednom izgradnjom solarnih elektrana.

Ključne reči: Solarne elektrane. Bezbednost. Efikasnost. Izgradnja.

ABSTRACT: The paper presents the best experiences and practices in the field of improving safety at work on construction sites where works on the installation and construction of solar power plants are carried out. In this regard, the paper provides key recommendations and guidelines regarding the safe construction of solar power plants.

Key words: Solar power plants. Security. Efficiency. Construction.

1. UVOD

Radovi sa električnim instalacijama i postavljanje solarnih panela predstavljaju visoko rizične radove koji se svakodnevno izvode na velikom broju gradilišta. U vezi sa tim, veliki broj obaveza mora biti obezbeđen od strane Investitora, a posebno od glavnog izvođača radova na terenu.

Izvođač radova dužan je da imenuje odgovornog izvođača radova koji ima potrebno tehničko znanje (licencu za izvođenje radova) i njegovog zamenika. U slučaju da Izvođač radova izvodi radove duže od redovnog radnog vremena, u odsustvu odgovornih lica moraju se odrediti šefovi posle podnevne i/ili noćne smene i njihove zamenici. Odsutnost iz bilo kod razloga odgovornog Izvođača radova, je moguća samo ukoliko na gradilištu radove nastavlja ovlašćeni zamenik. Na gradilištu se ne mogu izvoditi radovi bez osobe odgovorne za njegovo izvođenje.

Izvođač radova dužan je da imenuje Lice za bezbednost i zdravlje na radu koje ima obavezu da svakodnevno bude prisutno na gradilištu kada se izvode radovi. Svakodnevno prisustvo podrazumeva između ostalog, najmanje jednom u toku rada obilazak gradilišta. Izvođači radova koji nemaju stalno zaposleno lice za bezbednost i zdravlje na radu, moraju doneti dokaz da su angažovali lice koje će obilaziti gradilište i obavljati poslove propisane Zakonom o bezbednosti na radu i njegovim podzakonskim aktima.

1.1. Električna energija

Izvođač je dužan da pre početka rada ispita mogućnosti i kapacitete za pribavljanje električne energije od Elektro distribucije. Ove informacije se mogu dobiti od Elektro distribucije grada. Izvođač je dužan da pribavi sve neophodne dozvole za spoljašnji priključak na javnu mrežu kao i da obezbedi sve neophodne uređaje i opremu za priključak koje zahtevaju lokalne vlasti. Troškove tog priključka i utrošene električne energije snosiće Izvođač. Izvođač je odgovoran za održavanje postojeće električne mreže, uključujući priključke na generatore, distribucione table, ventilatore, klima-uređaje, priključak generatora na bilo koje spoljašnje izvore energije, itd. Izvođač je odgovoran za bezbednost svih električnih uređaja na gradilištu kao i za primenu neophodnih bezbednosnih mera.

1.2. Priprema radnog prostora gradilišta

Izvođač je dužan da pripremi površinu gradilišta za predviđene radove pre početka radova. Površina gradilišta mora biti adekvatno pripremljena prema namenoj svrsi: prostor gradilišta, skladište materijala, površina za pripremu betona i površina za montažu elemenata i dr.

Izvođač je u obavezi da posebnu pažnju obrati tokom izvođenja radova na zaštiti drveća i drugih prirodnih obeležja koji su predviđeni da ostanu na gradilištu. Takođe obaveza Izvođača radova je da tokom izvođenja radova obrati pažnju i zaštiti sve objekte u okolini gradilišta. Ukoliko tokom izvođenja radova dođe do oštećenja Izvođač radova je dužan da ih vrati u prvobitno stanje o svom trošku.



Slika 1. Obezbeđenje pristupa gradilištu

1.3. Obaveze Izvođača radova po Zakonu o bezbednosti i zdravlju na radu

Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu zahteva od Izvođača radova da:

1. Odredi u pismenoj formi odgovorno lice za bezbednost i zdravlje na radu i da omogući nezavisan i samostalan rad i pristup svim podacima,
2. Izvođač radova dužan je da donese akt o proceni rizika, dopunjava u zavisnosti od potreba rada kao i da donese poseban program za otklanjanje posledica u razumnom roku. Takođe da osposobljava sva lica na gradilištu u toku radnog vremena za bezbednost i zdravlje na radu prilikom zapošljavanja ili premeštanja na druge poslove, kao i kod uvođenja nove tehnologije i opreme za rad.
3. Osposobljavanje mora da se vrši teorijski i praktično, periodično u skladu sa aktom o proceni rizika.

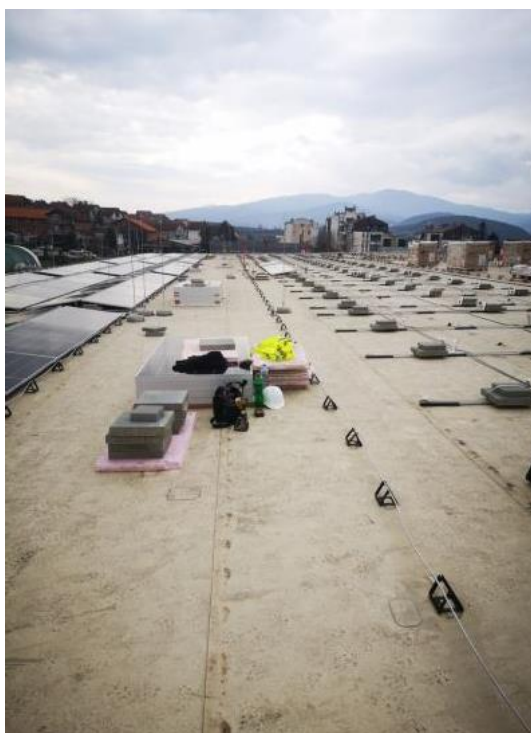
4. Svako lice koje se nalazi na gradilištu mora da bude obavešteno o svim opasnostima i bezbednim prolazima, kao i zonama kretanja u kojima ta lica smeju da se kreću,
5. Zaposlenima obezbedi radna mesta na kojima su sprovedena sve mere bezbednosti i zdravlja na radu.
6. Obezbedi neophodna zaštitna sredstva za bezbednost i zdravlje na radu i održava ta sredstva u ispravnom stanju.
7. Obavezno utvrdi prava i obaveze zaposlenih kolektivnim ugovorom. Ukoliko ima manje od deset zaposlenih, prava i obaveze bezbednosti i zdravlja na radu može utvrditi ugovorom o radu.
8. Prema potrebi angažuje odgovorno lice koje će ispitati opremu za rad.
9. Šalje radnike na prethodne i periodične lekarske preglede, a posebno na radnim mestima sa povećanim rizikom.
10. Obezbedi pružanje prve pomoći tako što će dovoljan broj radnika obučiti za to i blagovremeno pripremiti zakonom neophodnu opremu za prvu pomoć.
11. Da najmanje 8 dana pre početka rada izvesti nadležnu inspekciju o početku rada, promeni tehnološkog procesa ili radu izdvojene jedinice.
12. Ukoliko se izvode poslovi duže od 7 dana dužan je da izradi elaborat o uređenju gradilišta i da ga dostavi Inspekciji rada zajedno sa datumom početka rada.
13. Dužan da sprovede mere i da spreči pristup na gradilište neovlašćenim licima kao i sredstvima prevoza.
14. Ukoliko radi i deli isti radni prostor sa drugim poslodavcima koji rade na gradilištu, poslodavci su dužni da naprave pismeni sporazum o određivanju lica za koordinaciju. Ovo lice nema odgovornost, ali je dužno da saraduje na gradilištu sa licima zaduženim za koordinaciju bezbednosti i zdravlja na radu svih poslodavaca prilikom izvođenja radova.
15. Ukoliko se šalju radnici na rad kod drugog poslodavca tada mora radnicima da se obezbede sredstva za bezbedan i zdrav rad kod drugog poslodavca.
16. Poslodavac je dužan da obezbedi svu neohodnu dokumentaciju na jeziku koji radnik razume, ukoliko nema valjanu dokumentaciju mora da angažuje lice za jezik koji radnik razume.
17. Poslodavac mora u roku od 24 časa da prijavi nadležnoj inspekciji rada i policiji svaku smrtnu, kolektivnu ili tešku povredu na radu, opasnu pojavu ili povredu kada zaposleni nije sposoban za rad više od tri dana.
18. Od trenutka saznanja nastanka profesionalnog oboljenja ne sme proći duže od tri dana dok se ne prijavi profesionalno oboljenje.
19. Izvođač radova dužan je da zaposlene osigura od povreda na radu i od profesionalnih oboljenja.
20. Obaveza poslodavca je da utvrdi slučajeve i način provere radnika pod uticajem alkohola i drugih sredstava zavisnosti. Svaki radnik za koga se posumnja da je, u toku rada, pod uticajem alkohola ili drugih sredstava zavisnosti, mora da se podvrgne proveri da li je pod uticajem istih.
21. Alko-test se utvrđuje postupkom koji je utvrđen za vršenje takve provere. Ako se testom ustanovi da je neko od radnika pod uticajem alkohola ili drugih sredstava zavisnosti, isti ne sme započeti, odnosno nastaviti rad. Takavo lice se udaljava sa gradilišta, zabranjuje se pristup gradilištu.
22. Izvođač radova je u obavezi da zaustavi svaku vrstu rada koja može biti opasnost po zdravlje i život zaposlenih.

2. NAPAJANJE GRADILIŠTA PREKO PRIVREMENIH PRIKLJUČAKA

Ukoliko se Izvođač radova odluči da se kancelarije nalaze na prostoru za organizaciju radova u okviru lokacije samog stambeno poslovnog objekta gde su prethodno bili priključci na električnu mrežu tre-

ba iskoristiti mogućnost privremenog priključivanja. Druga alternativa za smeštaj i napajanje radnih i pomoćnih prostorija je u kontejnersko naselje. I u jednom i u drugom slučaju distribucija električne energije na gradilištu izvršiće se preko ormara koji je povezan sa javnom distributivnom mrežom ili putem separatnog napajanja preko generatora za proizvodnju električne energije.

Priključak na distributivnu mrežu može da se izvrši tek nakon odobrenja nadležne institucije u ovom slučaju J. P. Elektrodistribucija. Preko razvodnih kutija na gradilištu električna energija će se distribuirati do kancelarija, mašina, uređaja, itd. Po završetku radova privremeni priključak se odjavljuje i ukida. Svakako treba ispitati mogućnost priključka na postojeće izvore za šta treba saglasnost i odobrenje J. P. Elektrodistribucija. Ukoliko ima potrebe i postoji mogućnost napajanja privremeni priključak izvesti tako da kasnije u eksploataciji po završetku radova postane stalni priključak.



Slika 2. Postavljanje kablova na mestima gde se postavljaju solarni paneli

Dimenzionisanje vodova za napajanje vrši se u zavisnosti od potrošnje, broja istovremeno uključenih mašina, potrošača kao i gubitaka koji nastaju u mreži. Projektom privremenih instalacija biće definisan broj potrošača kao i instalisana snaga na gradilištu. Slobodni električni vodovi, kablovi na gradilištu biće položeni tako da ne mogu biti dovedeni u opasnost da budu oštećeni mehanički niti na bilo koji drugi način.

Na mestima gde se kreću motorna vozila, mašine i uređaji koji imaju van gabaritne dimenzije kablovi će biti postavljeni na bezbednu visinu minimum 6 m mereno od nivelete. Ukoliko to nije dovoljno kablovi se smeštaju na veću visinu. Alternativno rešenje je da se kablovi smeste u zaštitnu cev ili neku drugu oblogu i ukopavaju na bezbednu dubinu u zemlji. Takođe svi električni uređaji koji se nalaze na slobodnom prostoru obavezno se zaštićuju od atmosferskih uticaja.

Sklopke i uređaji koji služe za uključivanje i isključivanje postavljaju se u ormanima na pristupačnom mestu. Ormani se obavezno opremaju ključevima za zaključavanje. Električne svetiljke koje služe za stalno osvetljavanje gradilišta, priključuju se na napon od 220 V. One se postavljaju na visinu koja je izvan dohvata ruke, mašina i uređaja. Ukoliko je to neizvodljivo, za tu priliku koristiće se stubovi. Svi prenosni uređaji koji se napajaju električnom energijom a koji se koriste na gradilištu priključuju se na sniženi, oboreni napon od 42 V.

3. ELEKTRIČNE INSTALACIJE NA GRADILIŠTU

Pravilo koje pre početka radova na gradilištu treba odmah uspostaviti je, da je neovlašćenim licima izričito zabranjen pristup sistemima za napajanje električnom energijom i to iz više razloga. Električna mreža se može instalirati i koristiti do primarnih razvodnih tabli (NV razvoda trafo-stanica) ili do centralnih razvodnih tabli. Svako proširenje i promena može se izvršiti isključivo uz odobrenje nadležnog organa.

Zabranjeno je svako samovoljno priključenje na razvodne table na gradilištu. Postavljanje razvodnih ormara i njihovo priključenje na elektroenergetski sistem obavlja se tek nakon dobijanja dozvole od organa nadležne institucije. Nakon postavljanja i priključenja ormara, a pre korišćenja napona, mora se izvršiti atestiranje privremene električne instalacije na licu mesta. Tek nakon izvršenog atestiranja i po dobijanju dozvole za početak radova moguće je korišćenje električne energije i početi sa radovima.

Neovlašćeno osoblje ne sme da rukuje električnim sistemima niti da vrši bilo kakve popravke. Zabranjeno je vršiti bilo kakve promene ili popravke na razvodnim ormanima od strane lica koja nisu ovlašćena za to. Sve poslove na električnim sistemima na gradilištu obavlja isključivo ovlašćeno lice. U blizini nadzemnih kablova visokog napona ne smeju se postavljati montažni stubovi ili obavljati poslovi sa kranovima kada postoji mogućnost da dođe do kontakta ili prenosa elektriciteta na kran zbog probijanja sigurnosnog rastojanja. Izvođač radova obezbeđuje rasvetu na samom objektu i pristupnim putevima u okviru gradilišta. Svi koji rade na gradilištu obavezni su i moraju da spreče oštećenja ili bilo kakve intervencije na rasveti. Odgovornost za nastalu štetu snosiće oni koji su je izazvali. Svaka neispravnost elektro instalacija i opreme na električni pogon ugrožava kolektivnu i ličnu bezbednost radnika.

Ukoliko se utvrdi neispravnost elektro instalacija ili uređaja na električni pogon treba prekinuti rad i odmah i neizostavno prijaviti neispravnost dežurnoj službi održavanja da ne bi bila ugrožena bezbednost radnika koji izvode radove. Sva radna mesta moraju imati dovoljnu osvetljenost za bezbedan rad. Izvođač radova dužan je da obezbedi dovoljno osvetljenja za sva radna mesta, održava rasvetu u ispravnom stanju, a rasvetu obezbedi zaštitnim korpama.

4. KABLOVI NA GRADILIŠTU

U većini slučajeva priručni alati, mašine i uređaji za pogon imaju električnu energiju. Iz tih razloga na gradilištu je neophodna stalna upotreba struje. Zbog toga iz razno raznih razloga, i svi zaposleni na gradilištu neminovno dolaze u situaciju koja može biti izuzetno opasna. Da bi se sprečio bilo kakav ekces moraju se poštovati osnovna pravila:

1. Svi kablovi moraju biti ispravni i celi.
2. Zabranjeno je nastavljanje kablova, povezivanje kablova uvijanjem i izolovanje sa izolir trakom.
3. Uvek se napon dovodi na prekidač.
4. Prilikom povezivanja svetiljke uvek se napon dovodi na prekidač pa sa njega na svetiljku, a nula direktno na svetiljku.
5. Provodni kabal mora da bude završen sa ženskom utičnicom.
6. Skupljanje kablova uvek ide od izvora napajanja ka potrošaču. Prethodno obavezno se mora isključiti napon.
7. Ukoliko su kablovi ne zaštićeni od spoljnih fizičkih uticaja, dolaziće do oštećenja kablova što neminovno dovodi do oštećenja plašta kabla. Ponekad oštećenja ne moraju da se vide golim okom.
8. Kablove obavezno podići iznad prolaza u visini većoj od 2,5 m. Na manjoj visini mogu biti ukoliko su smešteni i zaštićeni u cevi ili profilu.
9. Preko saobraćajnice ne smeju se postavljati na manju visinu od 6 m.



10. Razvod kablova se ne sme voditi preko oštirih ivica ili prozora koji se zatvaraju. Isto tako ne smeju se ukrštati sa sajlama, sa crevima za gasno zavarivanje i sl.
11. Razvodni ormani moraju da imaju metalnu konstrukciju i da budu sa zaštitom najmanje IP 43, dok ostale priključnice moraju imati najmanje IP 22 stepen zaštite.
12. Glavni razvodni orman na gradilištu mora da bude izveden tako da ima na sebi grebenasti prekidač sa kojim se može isključiti istovremeno napon na celom gradilištu. On mora na sebi imati obeležje 0 i 1, odnosno uključeno i isključeno.
13. Težiti da svi uređaji i alati koji se koriste na gradilištu imaju elektromagnetnu sklopku, sa kojom nakon nestanka struje se onemogućuje ponovno slučajno uključjenje sa ponovnim dolaskom struje. Ako to u nekim slučajevima nije izvodljivo zaposleni moraju biti obučeni da takve uređaje isključe do dolaska struje. Zamena oštećenih osigurača može se izvoditi i pod naponom uz obavezno prethodno isključenje potrošača, kako nalaže struka i zakon. U stvarnosti, električari na gradilištu nemaju potrebu da reskiraju, pogotovo kada su to operacije koje se jako retko izvode. Na gradilištu s obzirom na mali broj uređaja, obavezno je isključivanje glavnog grebenastog prekidača pre zamene osigurača i njegovih umetaka.
14. Priključni provodnici koji se koriste za priključivanje prenosnog alata na električnu instalaciju su: provodnik za prenosne potrošače sa pojačanom izolacijom i plaštom od PVC mase tipa PP/J, izrađen u skladu sa SRPS N.C3.302. izrađuje se do preseka od $2,5 \text{ mm}^2$; ojačani gumeni provodnik tipa GG/J izrađen u skladu sa SRPS N.C3.502. izrađuje se do preseka od 4 mm^2 pa proizilazi da se može koristiti za alat manje i srednje snage;
15. Na gradilištu ne koristiti lake provodnike čiji presek je manji od $1,5 \text{ mm}^2$. Takav je laki provodnik za prenosne potrošače sa izolacijom i plaštom od PVC mase tipa PP/L izrađuje se do preseka od 1 mm^2 stoga nije u skladu sa odredbom ovog člana, gde se propisuje minimalni presek od $1,5 \text{ mm}^2$. Izuzetak je slučaj korišćenja alata male snage. To je definisano Standardom SRPS N. M6.001 propisani su i niži preseki provodnika. Propisan je najniži presek od $0,75 \text{ mm}^2$ za nominalnu struju alata od 6 ampera, a za alat nominalne struje od 6 do 10 ampera 1 mm^2 . Kablovi za napajanje električnom enegijom ne mogu se postavljati u prolazima, na pešačkim stazama, odnosno na mestima na kojima može doći do mehaničkih oštećenja.
16. Na mestima na kojima se ne može izbeći postavljanje u područje mogućih mehaničkih oštećenja, za kablove i instalacioni pribor čija je izolacija izabrana prema spoljnim uticajima u skladu sa klasifikacijom srpskih standarda, izvodi se posebna zaštita od mehaničkih oštećenja i dodira sa konstrukcijom postrojenja ili zaštita postavljanjem van dohvata ruku radnika ili domašaja oruđa, uređaja ili transportnog sredstva koje bi moglo da izazove oštećenje.
17. Privremene električne instalacije na otvorenom prostoru gradilišta izvode se upotrebom izolovanih odgovarajućih provodnika koji se učvršćuju na stabilnim stubovima tako da se najniza tačka provodnika nalazi na visini od najviše tačke podloge za najmanje:
 - 1) $2,5 \text{ m}$ nad radnim mestom;
 - 2) $3,5 \text{ m}$ nad pešačkim prolazom;
 - 3) $6,0 \text{ m}$ nad kolskim prolazom.
18. Izuzetno, iznad radnog mesta izolovani provodnik može da se postavi i na manjoj visini od $2,5 \text{ m}$, ako je smesten u cev ili čelični profil dovoljne mehaničke čvrstoće, tako da ne može da dođe do oštećenja izolacije kabla.
19. Na visini ispod $2,5 \text{ m}$ mogu se postavljati svetiljke opšteg osvetljenja napona 220 V sa mehaničkom zaštitom svetiljke i izolacijom koja isključuje mogućnost dodira radnika sa njenim provodljivim delovima, a ukoliko ovo ne može da se obezbedi, svetiljke opšteg osvetljenja (nisu prenosne) priključuju se na sniženi napon do 42 V .
20. Kablovi moraju biti izrađeni od licnaste žice (savitljivi), u silikonu (otporni na preopterećenja) i zaliveni u gumiranoj plastici (otporni na udarce i habanje).

21. Na krajevima kabla mora se nalaziti „evropski” plastični utikač i suprotno njemu utičnica (nikako metalni).
22. Kablovi ne smeju biti namotani na metalne motalice koje provode struju.
23. Poprečni presek kabla mora biti dimenzionisan prema potrebama uređaja koji će ga koristiti ili može biti i predimenzionisan. Bitno je da mu poprečni presek ne bude manji od zahteva koje daju uređaji ili alati.



Slika 3. Pozicije kablova na mestima gde se postavljaju solarni paneli

5. MERE ZAŠTITE OD STATIČKOG ELEKTRICITETA

Opasnost od statičkog elektriciteta je kad se na jednom mestu skupi toliko naelektrisanja da se naelektrisanje preko varnice prazni. Ista ta varnica u prostoriji koja je ugrožena od isparljivih zapaljivih i eksplozivnih gasova može da izazove požar i eksploziju. Inače pražnjenje statičkog elektriciteta je neugodno za čoveka, osim toga nauka je utvrdila da pražnjenje statičkog elektriciteta veoma štetno deluje na organizam. Najčešći način nastanka statičkog elektriciteta je mehanički, indukcijom ili do-
dirom:

1. pri međusobnom trenju čvrstih, tečnih i gasovitih tela,
2. pri trenju između čestica prašine,
3. cepanjem, odvajanjem ili razdvajanjem jednog dela od drugog, raspršivanjem,
4. češljanjem i sl.

Naelektrisanje nastaje kao rezultat razdvajanja suprotno naelektrisanog elektriciteta neutralnog tela i do njegovog skupljanja na različitim krajevima tog tela ili sistema. Naboji mogu nastati ako postoje dve materije suprotno naelektrisane i ako jedna od njih slabo provodi struju. Uzemljenje se izvodi čvrstim galvanskim povezivanjem svih provodnih elemenata na uzemljivač.

U ugroženim prostorijama od požara i eksplozije, odeća radnika ne sme biti izrađena od svile niti sme u svom sastavu imati vlakna od sintetičkog materijala. Takođe radnici moraju nositi obuću koja u svom đonu ima ugrađenu mesinganu pločicu i koja ostvaruje galvanski kontakt sa podlogom, a sa druge strane radnici ne smeju za vreme rada da nose prstenje, narukvice i druge metalne predmete.



6. RADOVI NA VISINI

Za sprečavanje pada sa krova ili prilaza krovu pre početka radova mora da bude postavljena propisana zaštitna ograda iznad slobodnih ivica u čijim se blizinama izvode radovi i na mestima određenim za izvlačenje ili spuštanje alata i materijala, kao i obezbeđen siguran prilaz. Ukoliko se iznad ivica krova, ne može postaviti zaštitna ograda ili kod krovova čiji je nagib veći od 20, na krovnoj površini mogu raditi samo radnici zdravstveno sposobni za radove na visini obučeni za upotrebu sredstava lične zaštite.

Pre izlaska na površinu krova radnik mora da bude privezan preko zaštitnog pojasa i zaštitnog užeta za siguran oslonac. Kad se ne mogu u potpunosti sprovesti mere zaštite na radu za zaštitu od pada sa visine, postavljaju se prihvatne mreže, zaštitne skele sa prihvatnim platformama ili čak pojačanja nosača krovne pokrivke i druge mere.

Prostor ispod krova, odnosno gradilišni prostor oko objekta mora da bude za vreme radova na krovu obezbeđen od pristupa lica nezaposlenih na gradilištu. Kad pri radovima na krovu, nije sprečen pad predmeta s krova, u ugroženom prostoru oko objekta i ispod krovne površine zabranjeno je prisustvo i kretanje radnika i drugih lica.

Krov i njegovi delovi, krovni pokrivač i konstrukcija koja nosi krovni pokrivač, moraju da budupre početka radova detaljno pregledani sa ciljem utvrđivanja nosivosti, obezbeđivanja sigurnih putanja za kretanje radnika po krovu i preduzimanje mera zaštite na mestima rada za sprečavanje propadanja kroz krovni pokrivač i za sprečavanje pada sa krova. Kod krovnih pokrivača od crepa, salonita, lima i drugih pokrivača male nosivosti za sprečavanje propadanja postavljaju se patosi od dasaka na površinu krovnog pokrivača duž prilaza mestima rada i na mestima rada. Patosi od dasaka treba da budu pričvršćeni za krovni pokrivač, da pri kretanju radnika ne dođe do pomeranja ili klizanja. Daske patosa polažu se na krovnu površinu tako da im krajevi budu prepušteni preko pravaca ispod kojih se nalaze nosači krovnog pokrivača. Ako je patos izrađen u obliku povezanih dasaka u polja ("štosovi"), polja treba da budu laka i pogodna za ručno premeštanje i pričvršćivanje. Kretanje izvan postavljenih patosa po krovnom pokrivaču, zabranjeno je. Krovni pokrivači čija je nosivost nepoznata ili kod neprohodnih krovova, sigurnost kretanja i rada radnika obezbeđuje se postavljanjem prelaza i radnih platformi.

ZAKLJUČAK

Postavljanje solarnih panela predstavlja veoma rizičan posao sa aspekta bezbednosti i zdravlja na radu. Zbog toga je neophodno da se pre početka radova, kao i u toku sprovođenja aktivnosti moraju konstantno sprovoditi utvrđenje preventivne aktivnosti sa ciljem da se spreči nastanak povreda na radu i drugih tragičnih događaja.

LITERATURA

1. Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu („Sl. glasnik RS“, br. 35/2023)
2. Uredba o bezbednosti i zdravlju na radu na privremenim ili pokretnim gradilištima („Sl. glasnik RS“, br. 14/2009, 95/2010, 98/2018 i 35/2023 - dr. zakon)
3. Pravilnik o zaštiti na radu pri izvođenju građevinskih radova („Sl. glasnik RS“, br. 53/1997)
4. Pravilnik o sadržaju elaborata o uređenju gradilišta („Službenom glasniku RS“, br. 121/2012 i 102/2015)
5. Pravilnik o načinu i postupku procene rizika na radnom mestu i u radnoj okolini („Službeni glasnik RS“, broj 72/2006 i 84/2006 - ispravka, 30/2010 i 102/2015)
6. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad na radnom mestu („Sl. glasnik RS“, br. 21/2009 i 1/2019)

7. Pravilnik o postopku pregleda i provere opreme za rad i ispitivanje uslova radne okoline ("Sl. glasnik RS" br. 15/23).
8. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad ("Službeni glasnik RS", broj 23/2009, 123/2012, 102/2015 i 101/2018)
9. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju sredstava i opreme za ličnu zaštitu na radu ("Sl. glasnik RS", br. 92/2008 i 101/2018)
10. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri ručnom prenošenju tereta ("Sl. glasnik RS", br.106/2009)
11. Pravilnik o programima usavršavanja znanja i drugih usluga u vežbi sa usavršavanjem znanja za bezbednost i zdravlje radu ("Službeni glasnik RS", br.108/2017)
12. Pravilnik o evidencijama u oblasti bezbednosti i zdravlja na radu ("Službeni glasnik RS", broj 62/07 i 102/2015)
13. Pravilnik o postopku utvrđivanja ispunjenosti propisanih uslova u oblasti bezbednosti i zdravlja na radu ("Sl. glasnik RS", br.60/2006)
14. Pravilnik o prethodnim i periodičnim lekarskim pregledima zaposlenih na radnim mestima sa povećanim rizikom („Sl.glasnik RS, br.120/2007, 92/2008 i 53/2017)
15. Pravilnik o sadržaju i načinu izdavanja obrasca izveštaja o povredi na radu, profesionalnom oboljenju ("Sl. glasnik RS", br. 72/2006, 84/2006 - ispr., 4/2016, 106/2018 i 14/2019)
16. Pravilnik o merama za bezbedan i zdrav rad zaposlene za vreme trudnoće, porodilje i zaposlene koja doji dete ("Sl. glasnik RS", br. 102/2016)
17. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad mladih ("Sl. glasnik RS", br. 102/2016)
18. Uredba o utvrđivanju opasnih radova za decu ("Sl. glasnik RS", br.53/2017-36)
19. Pravilnik o obezbeđivanju smeštaja i ishrane radnika odnosno njihovog prevoza od mesta stanovanja do mesta rada i natrag ("Sl. list SFRJ", br. 41/1968)
20. Pravilnik za građevinske konstrukcije ("Sl. glasnik RS", br. 89/2019, 52/2020 i 122/2020)
21. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri korišćenju opreme za rad sa ekranom ("Sl. glasnik RS", br. 106/2009, 93/2013 i 86/2019)
22. Pravilnik o ličnoj zaštitnoj opremi ("Sl. glasnik RS", br. 23/2020)
23. Vodič za primenu Pravilnika o ličnoj zaštitnoj opremi („Sl. glasnik RS“ br.100/2011)
24. Spisak srpskih standarda iz oblasti lične zaštitne opreme ("Službeni glasnik RS", broj 90/2020)
25. Pravilnik o obezbeđivanju oznaka za bezbednost i zdravlje na radu ("Sl. glasnik RS", br. 95/2010 i 108/2017)
26. Pravilnik o bezbednosti mašina ("Sl. glasnik RS", br. 58/2016)
27. Vodič za primenu Pravilnika o bezbednosti mašina („Sl. glasnik RS“ br. 13/2010)
28. 14/94LIDL Srbija KD
29. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri izlaganju hemijskim materijama ("Službeni glasnik RS", broj 106/2009, 117/2017 i 107/2021)
30. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri izlaganju biološkim štetnostima ("Sl. glasnik RS", br. 96/2010 i 115/2020)
31. Pravilnik o sadržaju bezbednosnog lista ("Sl. glasnik RS", br.100/2011)
32. Uputstvo o utvrđivanju preventivnih mera za bezbedno čuvanje, skladištenje odnosno korišćenje naročito opasnih hemikalija ("Sl. glasnik RS", br. 6/2017)
33. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri izlaganju karcinogenima i mutagenima ("Sl. glasnik RS", br. 96/2011 i 117/2017)
34. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri izlaganju azbestu ("Sl. glasnik RS", br. 108/15)



35. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri izlaganju vibracijama ("Sl. glasnik RS", br. 93/2011 i 86/2019)
36. RS", br. 93/2011 i 86/2019)
37. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri izlaganju buci ("Sl. glasnik RS", br. 96/2011, 78/2015 i 93/2019)
38. Pravilnik o zaštiti na radu pri utovaru tereta u teretna motorna vozila i istovaru tereta iz takvih vozila ("Sl. list SFRJ", br. 17/1966)
39. Pravilnik o zaštiti na radu pri održavanju motornih vozila i prevozu motornim vozilima ("Sl. list SFRJ", br. 55/65),
40. Pravilnik o načinu pružanja prve pomoći, vrsti sredstava i opreme koji moraju biti obezbeđeni na radnom mestu, načinu i rokovima osposobljavanja zaposlenih za pružanje prve pomoći ("Sl. glasnik RS, br.109/2016)
41. Uredba o obaveznim sredstvima i opremi za ličnu, uzajamnu i kolektivnu zaštitu od elementarnih nepogoda i drugih nesreća ("Sl. glasnik RS", br.03/2011i 37/2015)
42. Uredba o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad usled rizika od eksplozivnih atmosfera ("Službeni glasnik RS", broj 101/2012 i 12/2013-ispravka)
43. Pravilnik o opremi i zaštitnim sistemima namenjenim za upotrebu u potencijalno eksplozivnim atmosferama ("Službeni glasnik RS", broj 10-2017-30, 21/2020-150)
44. Uredba o merama zaštite od požara pri izvođenju radova zavarivanja, rezanja i lemljenja ("Sl. glasnik RS", br.50/1979)
45. Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona ("Sl. list SFRJ", br.53/1988 i 54/1988 i "Sl. list SRJ", br.28/1995)
46. Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu objekata od atmosferskog pražnjenja ("Sl. glasnik SRJ", br.11/1996)
47. Pravilnik o opštim merama zaštite na radu od opasnog dejstva električne struje u objektima namenjenim za rad, radnim prostorijama i na radilištima ("Sl. glasnik SRS", br.21/1989)
48. Pravilnik o pregledima opreme pod pritiskom tokom veka upotrebe (Službeni glasnik RS", br. 87/2011, 75/2013 i 44/2018)
49. Zakon o transportu opasne robe ("Sl. glasnik RS", br. 104/2016, 83/2018, 95/2018 - dr. zakon i 10/2019 - dr. zakon)
50. Zakon o zaštiti stanovništva od zaraznih bolesti ("Sl. glasnik RS" br. 15/2016, 68/2020 i 136/2020)
51. Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad za sprečavanje pojave i širenja epidemije zarazne bolesti ("Sl. glasnik RS" br. 94/2020)
52. Uredba o merama za sprečavanje i suzbijanje zarazne bolesti COVID-19 ("Sl. glasnik RS", br. 33/2022, 48/2022, 53/2022, 69/2022 i 144/2022)

